

Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen
der Euterhaut, der Milchdrüse und der Zitzen
von Rind, Pferd, Schaf und Ziege

Habilitationsschrift

zur Erlangung des akademischen Grades
Dr. med. vet. habil.

der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Universität Leipzig

eingereicht von
Dr. med. vet. Thomas Ludewig
geb. am 25. 08. 1962 in Zwickau

01 H
-2001-
440

fertigt am Veterinär-Anatomischen Institut
ch Histologie und Embryologie
niversität Leipzig

luß über die Verleihung des
mischen Grades vom 10. Januar 2001

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK

LEIPZIG

0006345913



Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen
der Euterhaut, der Milchdrüse und der Zitzen
von Rind, Pferd, Schaf und Ziege

Habilitationsschrift

zur Erlangung des akademischen Grades

Dr. med. vet. habil.

der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Universität Leipzig

eingereicht von

Dr. med. vet. Thomas Ludewig

geb. am 25. 08. 1962 in Zwickau

angefertigt am Veterinär-Anatomischen Institut
Bereich Histologie und Embryologie
der Universität Leipzig

Beschluß über die Verleihung des
akademischen Grades vom 10. Januar 2001

Die Annahme der Habilitationsschrift haben empfohlen:

1. Herr Prof. Dr. habil. Johannes Seeger
Universität Leipzig
Veterinär-Anatomisches Institut
Sammelweisstraße 4
D - 04103 LEIPZIG
2. Herr Univ.-Prof. Dr. W. Meyer
Anatomisches Institut
Bereich Histologie und Embryologie
Tierärztliche Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15/122
D - 30173 HANNOVER
3. Herr Prof. Dr. H. Geyer
Veterinär-Anatomisches Institut
Universität Zürich
Winterthurer Str. 260
CH - 8057 ZÜRICH



01H-2001-440 (2. Ex)

SWB 18.6.2001

Bibliografische Beschreibung:

Ludewig, Thomas

Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen der Euterhaut, der Milchdrüse und der Zitzen von Rind, Pferd, Schaf und Ziege

Universität Leipzig, Habil.-Schr.,

209 S., 665 Lit., 180 Abb., 5 Tab.

Referat:

Die vorliegende Arbeit legt den histologischen Aufbau der Euterhaut, des Milchdrüsenparenchyms sowie der Zitzen auf licht- und elektronenmikroskopischer Ebene bei den Tierarten Rind, Pferd, Schaf und Ziege umfassend dar.

Während der histologische Aufbau der Haut der Drüsenkörper beim Rind keine tiefgreifenden Modifikationen erfährt, sind bei den anderen Spezies zusätzlich ein Sinus inguinalis (Schaf, Ziege) sowie ein Sulcus intermammarius (Pferd, Schaf) abzugrenzen. Die Epidermis des Pferdes besitzt im Sulcus intermammarius das dickste Stratum corneum und wird von außerordentlich langen Papillen befestigt. Im Sinus inguinalis der Ziege dominieren die apokrinen Schlauchdrüsen. Zwischen den Endstücken verlaufen in der equinen Euterhaut Lymphkapillaren. Im Sulcus intermammarius des Schafes und in der Zitzenhaut der Ziege weiten sich die Endstücke zu einem Sinus, aus dem der Ductus excretorius hervorgeht. Bei allen Spezies mündet der Ausführungsgang entweder in einer Pore auf der Hautoberfläche oder im oberen Drittel des Haarfollikels. Im oberen Bereich des Stratum profundum dermidis befinden sich bei Rind und Pferd spezialisierte arteriovenöse Anastomosen in Form von HOYER-GROSSER Organen.

Die basale Zellmembran der Laktozyten faltet sich deutlich (Rind) oder fein (Pferd, Ziege) bzw. bildet in der Involution mikrovilliartige Ausstülpungen (Schaf). Im Alveolarepithel sind helle sowie dunkle Zellen zu beobachten (Kolostralmilchperiode des Pferdes, involutierende Periode bei Pferd, Ziege und Schaf). Bei zwei Pferden verfügen einige helle Alveolarepithelzellen über kristalline Einschlüsse. In der Involution weisen die Myoepithelzellen beim Schaf apoptotische Körperchen auf. Ausschließlich beim Pferd lagert sich Ceroid in den Epithelzellen des Ductus lactifer bzw. intra- und extraalveolär im Milchdrüsenparenchym ab. Das Milchsekret enthält als Milchzellen Laktozyten, neutrophile Granulozyten, Lymphozyten sowie Makrophagen. Daneben sind Fetttropfen, einzelne Mitochondrien und speziell beim Pferd Zytoplasmafragmente in beachtlicher Menge vertreten. Corpora amylacea kommen im laktierenden und trockenstehenden Gewebe, sowohl intra- als auch extraalveolär vor. Lediglich beim Schaf sind sie in den akzessorischen Drüsenläppchen der Zitze zu beobachten. Das Endothel der Blutkapillaren im interalveolären Bindegewebe bildet unterschiedlich lange pseudopodienartige Ausstülpungen. Nur beim Schaf kommen daneben ebenfalls herkömmlich aufgebaute Kapillaren des kontinuierlichen Typs vor. Beim Pferd zeigt sich ein besonders großer Reichtum an meist klappenreichen Lymphgefäßen.

Bei der Zitze des Pferd stellt sich eine dicke Epidermis mit einem Stratum spinosum dar, das aus großen und kleinen Keratinozyten aufgebaut ist. Beim Schaf kann man beobachten, daß die Azini der Schlauchdrüsen einige Haarwurzeln vollständig umgeben und einen Sinus ausbilden. In der Mittelschicht sind ungewöhnlich viele und dickwandige Gefäße vorhanden sowie glatte Muskelzellen, deren Anzahl um den Ductus papillaris steigt. Akzessorische Milchdrüsenläppchen sind lediglich bei Schaf und Ziege zu beobachten. Beim Pferd kommen z. T. drei Zitzenzysternen, kein M. sphincter papillae und ein Epithel im Ductus papillaris vor, das kein Stratum corneum und ein aus lediglich einer Lage bestehendes Stratum granulosum umfaßt.

LISTE DER ABKÜRZUNGEN

A. dest.	Aqua destillata
Abb.	Abbildung
APUD-Zellen	Amine Precursor Uptake and Decarboxylation-Zellen
GA	Golgi-Apparat
rER	rauhes Endoplasmatisches Retikulum
Gl.	Glandula
Gll.	Glandulae
Lam.	Lamina
Ln.	Lymphonodus
M.	Musculus
Mm.	Musculi
Obj.	Objektiv
p. p.	post partum
Str.	Stratum
T.	Tunica
Tab.	Tabelle
TEM	Transmissionselektronenmikroskop

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	8
2. SCHRIFTTUM	11
2.1. Haut	11
2.1.1. Epidermis	11
2.1.1.1. Stratum basale	12
2.1.1.2. Stratum spinosum	12
2.1.1.3. Stratum granulosum	13
2.1.1.4. Stratum lucidum	13
2.1.1.5. Stratum corneum	14
2.1.1.6. Epidermale dendritische Zellen	14
2.1.1.6.1. Melanozyten	14
2.1.1.6.2. Epidermale LANGERHANS-Zellen und MERKEL-Zellen	15
2.1.2. Dermis	17
2.1.2.1. Haarfollikel	18
2.1.2.2. Musculus arrector pili	18
2.1.2.3. Hautdrüsen	19
2.1.2.3.1. Talgdrüsen	19
2.1.2.3.2. Apokrine Schlauchdrüsen	20
2.1.3. Hypodermis	22
2.1.4. Blutgefäßsystem	23
2.1.5. Lymphgefäßsystem	23
2.1.6. Innervation	26
2.2. Milchdrüse	28
2.2.1. Milchdrüse des Rindes	28
2.2.1.1. Drüsengewebe	28
2.2.1.1.1. Blut-Milch-Schranke	32
2.2.1.1.2. Involution	33
2.2.1.1.3. Corpus amylaceum	34
2.2.1.2. Zitze	35
2.2.2. Milchdrüse des Pferdes	39
2.2.2.1. Drüsengewebe	39
2.2.2.2. Zitze	40
2.2.3. Milchdrüse des Schafes	40
2.2.3.1. Drüsengewebe	40
2.2.3.2. Zitze	41
2.2.4. Milchdrüse der Ziege	42
2.2.4.1. Drüsengewebe	42
2.2.4.2. Zitze	44

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	45
3.1. Material und Methoden	45
3.1.1. Versuchstiere	45
3.1.2. Präparation für die Lichtmikroskopie	45
3.1.2.1. Gewebeentnahme	45
3.1.2.1.1. Euterhaut	45
3.1.2.1.2. Zitzen	45
3.1.2.1.3. Drüsengewebe	45
3.1.2.2. Fixierung und Einbettung	46
3.1.2.3. Färbemethoden	46
3.1.2.4. Fotografie	47
3.1.3. Präparation für die Elektronenmikroskopie	47
3.2. Ergebnisse	48
3.2.1. Milchdrüse des Rindes	48
3.2.1.1. Euterhaut	48
3.2.1.2. Drüsengewebe	56
3.2.1.3. Zitze	69
3.2.1.3.1. Äußere Haut	69
3.2.1.3.2. Mittelschicht	70
3.2.1.3.3. Sinus lactifer bzw. Ductus papillaris	71
3.2.2. Milchdrüse des Pferdes	75
3.2.2.1. Euterhaut	75
3.2.2.2. Drüsengewebe	85
3.2.2.3. Zitze	95
3.2.2.3.1. Äußere Haut	96
3.2.2.3.2. Mittelschicht	99
3.2.2.3.3. Sinus lactifer bzw. Ductus papillaris	100
3.2.3. Milchdrüse des Schafes	104
3.2.3.1. Euterhaut	104
3.2.3.2. Drüsengewebe	108
3.2.3.3. Zitze	117
3.2.3.3.1. Äußere Haut	117
3.2.3.3.2. Mittelschicht	120
3.2.3.3.3. Sinus lactifer bzw. Ductus papillaris	121
3.2.4. Milchdrüse der Ziege	126
3.2.4.1. Euterhaut	126
3.2.4.2. Drüsengewebe	130
3.2.4.3. Zitze	138
3.2.4.3.1. Äußere Haut	138
3.2.4.3.2. Mittelschicht	141
3.2.4.3.3. Sinus lactifer bzw. Ductus papillaris	142

4. DISKUSSION	146
5. ZUSAMMENFASSUNG	185
6. SUMMARY	188
7. LITERATURVERZEICHNIS	191
8. Selbständigkeitserklärung	221
9. Lebenslauf	222
Danksagung	
Thesen	

1. EINLEITUNG

Obwohl die Milchdrüse für eine ganze Tierklasse namensgebend ist, liegen bei den landwirtschaftlichen Nutztieren für die Histologie ihrer Haut, des Drüsengewebes und der Zitze bisher nur wenige und kaum umfassende Arbeiten vor. Nur wenn das Organ als Ganzes betrachtet und komplex untersucht wird, entsteht unseres Erachtens ein zusammenhängendes Bild seiner mikroskopischen Anatomie, was wiederum das Verständnis für die funktionelle Physiologie weckt und überhaupt erst ermöglicht. STEIGLEDER (1963) bezeichnet die Morphologie als einen Schlüssel, der den Zugang zum Verständnis der biologischen und physiologischen Prozesse öffnet. Alle Lebewesen charakterisiert, daß Strukturen und Funktionen durch Anpassung entstanden sind. So stellt sich natürlich auch bei histologischen Strukturen die Frage nach dem „Wozu“ und worin deren „arterhaltende Leistung“ besteht (LORENZ 1973).

Die äußere Haut ist das größte Organ der Säugetiere. Sie bildet eine lebenswichtige Grenzschicht sowie gleichzeitig die Kontaktfläche des Körpers gegenüber der Umwelt. Es ist bekannt, daß ihr morphologischer Aufbau je nach Beanspruchung und Aufgaben in den verschiedenen Körperregionen variiert. Über die Haut, speziell über die Euterhaut der in Rede stehenden Spezies, gibt es in der Literatur kaum präzise histologische Angaben. Zwei Beispiele sollen dies belegen. So fand die Haut des Rindes bisher in einer nur geringen Anzahl von Untersuchungen (z. B. GOLDSBERRY u. CALHOUN 1959; JENKINSON u. NAY 1972) Beachtung, die Euterhaut wurde gar nicht berücksichtigt. Ähnliches gilt für die Stute. Die Entstehung und Funktion des dunklen talgigen Belages im Sulcus intermammaris ist bisher nicht untersucht.

Ausdruck der wachsenden Rolle der veterinärmedizinischen Dermatologie ist das gestiegene Interesse an Hautuntersuchungen. Dabei steht u. a. die Relevanz der Haut im Hinblick auf die Vorgänge der dermalen Permeation, Penetration sowie Absorption verschiedener Pharmaka und Kosmetika sowie mögliche Resorptionsprozesse über die Blut- und Lymphkapillaren im Mittelpunkt. Zu eben diesen Studien an der bovinen Euterhaut entwickelten KIETZMANN et al. (1993) ein in vitro-Modell des isoliert perfundierten Rindereuters.

Umfassende Kenntnisse der mikroskopischen Morphologie des Euters gewinnen auch unter verschiedenen anderen Gesichtspunkten an Bedeutung, so bspw. im Zusammenhang mit der Mastitisproblematik sowie den Abwehrreinrichtungen. Es ist nachgewiesen, daß sich die Flora auf einer gesunden Zitzenhaut des Rindes im Gleichgewicht befindet. Während ca. 25 % der Normalflora (bei in vitro-Versuchen) das Wachstum von Mastitisserregern hemmen, finden sich keine Förderer pathogener Erreger (WOODWARD et al. 1987). Andere Studien an Schafen (NEAVE u. OLIVER 1962; McDONALD u. PACKER 1968; ZARKOWER u. SCHEUCHENZUBER 1977) weisen zwar ein Persistieren von euterpathogenen Keimen am Ostium papillare nach, jedoch keine Passage oder ein „Durchwachsen“ durch den Ductus papillaris (MURPHY 1959).

Defizite existieren gleichfalls im morphologischen Erkenntnisstand zum Euter bei Schaf und Ziege im allgemeinen und zur Zitze im speziellen. Detaillierte Kenntnisse der histologischen Struktur sowie der funktionellen Morphologie sind jedoch in praktischer Hinsicht wichtig, weil die Zitze mit dem Ductus papillaris und dessen Verschlussmechanismen eine zentrale Rolle bei der Infektionsabwehr euterpathogener Keime spielt. Nach APPLEMAN (1973) resultieren nahezu sämtliche intramammären Infektionen daraus, daß Mikroorganismen den Ductus papillaris durchwachsen oder durch Diffusion passieren. Infektionen des Zitzenkanals finden nach Einschätzung von GIESECKE und VILJOEN (1974) sowie VAN DEN HEEVER und TURNER (1976) häufiger statt, als gewöhnlich angenommen wird. So konstatieren SCHÖTT (1993) sowie SCHÖTT und SCHULZ (1993) eine permanente Besiedlung des Ductus papillaris, hauptsächlich mit *Staphylococcus aureus* (zu 60 %), was durch den Milchfluß nahezu unbeeinflusst bleibt.

Es kommt hinzu, daß insbesondere aufgrund der Sekrete der Hautdrüsen Verhältnisse auf der Zitzenoberfläche entstehen, die ein geeignetes Milieu für eine mikrobielle Besiedlung schaffen (NEAVE u. OLIVER 1962; McDONALD u. PACKER 1968). Vor diesem Hintergrund wird beim Milchrind der Effekt des Euterduschens und des Zitzendippens neu diskutiert. Durch diese Vorgänge sollten mindestens 95 % der Mikroorganismen an der Zitzen Spitze inaktiviert werden (McDONALD u. PACKER 1968; McDONALD 1970 b). Bleiben die natürlichen Abwehrmechanismen unberücksichtigt oder werden sie unbewußt geschwächt, entstehen vermeidbare prädisponierende Faktoren für Mastitiden. Der Leistung der Zitze bei der Keimabwehr (MICHEL u. SEFFNER 1975) muß man deshalb mehr Interesse entgegenbringen (SCHULZ 1994).

Die moderne Milchviehhaltung ist nach HAMANN (1992) durch zunehmende Herdengrößen und eine Nutzungsdauer charakterisiert, die unter drei Laktationen liegt. Weiterhin schätzen SASSHOFFER et al. (1987) sowie BOSTEDT und DEDIE (1996) ein, daß die traditionelle Schaf- und Ziegenhaltung im Ansteigen begriffen ist, bei Ziegen besonders in Gebieten mit spärlicher Vegetation (BINDER 1986). In Europa hielt man 1996 143 Millionen Schafe, die 3,6 Millionen l Milch produzierten (BOSTEDT u. DEDIE 1996).

Nach BOMMELI (1972) wurde der Ultrastruktur der bovinen Milchdrüse im Gegensatz zu Versuchstieren aufgrund der schwierigeren Materialbeschaffung und wegen ihrer geringeren Rolle in der Tumorforschung wenig Beachtung geschenkt. Dabei hat das Organ nach Einschätzung des Autors eine enorm hohe funktionelle Aktivität und nimmt wegen der züchterischen Selektion auf Hochleistung eine Sonderstellung ein. Euterkrankheiten, hauptsächlich durch umweltassoziierte Erreger verursachte Mastitiden (HAMANN 1992), erlangen beim Milchrind und sogar beim Milchschaaf vermehrt Bedeutung, so daß sie aufgrund hoher finanzieller Verluste zu den ökonomisch bedeutsamen Erkrankungen gerechnet werden (TRAVNICEK u. FEDERIC 1994). Sie stellen nach WUSCHKO et al. (1998) ein Problem dar, daß Tierärzte und Landwirte gleichermaßen betrifft und belastet. Mit der Mastitisprophylaxe und -therapie muß sich der praktische Tierarzt täglich auseinandersetzen, und aus der Sicht milcherzeugender Betriebe stellen beide Maßnahmen eine relevante Kostenquelle dar. Klinische und subklinische Mastopathien haben Auswirkungen auf die hygienische Wertigkeit und technologische Verwendbarkeit von Rohmilch.

Biologische Barriersysteme sind für den Organismus lebenswichtig. Dazu zählt auch die Schranke zwischen Blut und Milch, die entscheidend zur Milchbildung beiträgt und den Gehalt der Milch an somatischen Zellen (Zellzahl) determiniert. Für den Milcherzeuger hat der Zellgehalt der Anlieferungsmilch wegen der Vergütung der Rohmilch nach Qualitätsklassen gemäß der Milch-Güteverordnung erhebliche wirtschaftliche Folgen. Seit dem 01. 01. 1998 muß jeder landwirtschaftliche Betrieb für die Güteklasse S Rohmilch mit entsprechend hoher Verbraucherqualität erzeugen, d. h., daß sie gemäß den EG-Anforderungen nicht mehr als 50 000 Keime und maximal 300 000 Zellen/ml Milch enthalten darf. Anders ausgedrückt zählen Milchqualität und Eutergesundheit aus ökonomischen und lebensmittelhygienischen Gesichtspunkten zu den Existenzfragen für Milcherzeuger und -verarbeiter (WUSCHKO et al. 1998).

Es gibt keine elektronenmikroskopischen Untersuchungen, welche Zellarten und in welchen Relationen sie in der Milch konkret auftreten oder wodurch ihre Ultrastruktur charakterisiert ist. Hinzu kommt, daß lichtmikroskopische Methoden in diesem Zusammenhang keine eindeutige Identifizierung der Zelltypen gestatten (LEE et al. 1980). Erkenntnisse über die Herkunft der Milchezellen sind auch für den Tierarzt wichtig, weil die Anzahl der somatischen Zellen in der Milch allgemein als der entscheidende Indikator für den Funktions- und Gesundheitszustand des Euters angesehen wird (GEDEK 1992). Zudem werden nach jeder Irritation des Gewebes Zellen mit der Milch ausgeschwemmt (MIELKE 1994), so daß demzufolge die Diagnostik chronischer

und subklinischer Mastitiden die labortechnische Bestimmung von Zellzahl und -bild erfordert.

In Verbindung mit der Zellzahl und der Mastitisproblematik werden u. a. solche Fragen diskutiert, wie realistisch Forderungen nach weiterer Reduzierung des Zellgehaltes sind, wieviel Zellen im Euter zur Keimabwehr benötigt werden oder wo die Grenzwerte der physiologischen Zellzahlen in der Milch gesunder Drüsenkomplexe anzusetzen sind. Nach differierenden Angaben liegen diese Werte beim Rind zwischen 20 000 und 50 000 (HAMANN 1997), 90 000 und 120 000 (REID u. CHANDLER 1973) oder bei 100 000 Zellen/ml Milch (DOGGWEILER u. HESS 1983). BENDA (1993) gibt zu bedenken, daß eine Mindestzahl an Immunzellen für den Schutz der Milchdrüse benötigt wird, so daß Forderungen nach einer fast zellfreien Milch physiologisch nicht vertretbar sind. HAUKE (1961) sieht im Euter der Kuh ein hochstrapaziertes Organ, das allein deshalb in physiologischen Grenzen hinsichtlich der Zellzahl eine beträchtliche Schwankungsbreite besitzt. Es sei ergänzt, daß in Dänemark die Zuchtwertschätzung u. a. auf Mastitisresistenz und in den USA auf den Gehalt an somatischen Zellen erfolgt, während sich diese Praxis in Deutschland bisher lediglich auf Bayern und Schleswig-Holstein beschränkt.

Die aufgezeigten Defizite und weitere offene Fragen waren Veranlassung für die vorliegenden Untersuchungen. Ziele der Arbeit bestehen zudem darin, den morphologischen Aufbau der Anteile der Blut-Milch-Schranke und die Ultrastruktur der Zellen der Milchdrüse darzustellen, die potentiell zu den Milchzellen gehören, um so Grundlagen für die Euterdiagnostik zu schaffen.

2. SCHRIFTTUM

2.1. Haut

Die äußere Haut, inbegriffen die Euterhaut, wird nach MEYER (1998) in Epidermis, Dermis (Corium) und Hypodermis (Subkutis) eingeteilt (Abb. 1). Lediglich KÜNZEL (1990) sowie MEYER (1998) weichen von diesem allgemeinen Schema ab, indem ersterer separat von einem Papillarkörper und anstelle des Str. papillare und des Str. reticulare von einem Str. superficiale und einem Str. profundum spricht. Speziell beim Pferd unterscheidet MEYER (1998) ein Str. superficialis dermidis, ein Str. mediale dermidis sowie ein Str. profundum dermidis.

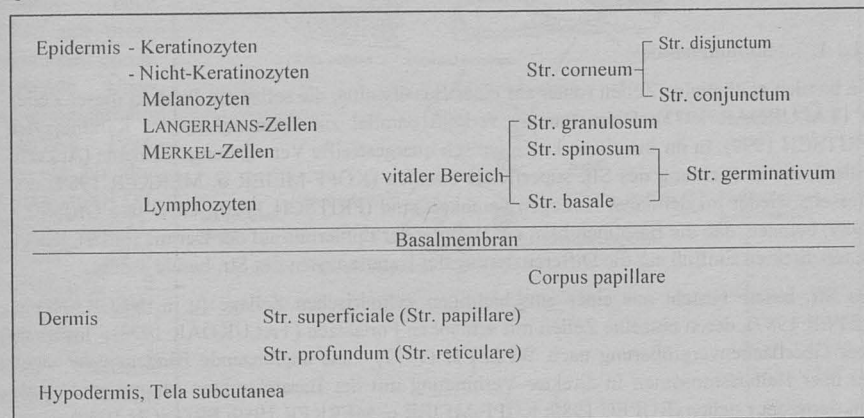


Abb. 1: Einteilung der Euterhaut.

2.1.1. Epidermis

Abbildung 1 zeigt die typische Schichtung der Epidermis (Oberhaut). Diese stellt ein mehrschichtiges verhorntes Plattenepithel dar, das sich überwiegend aus unterschiedlichen Differenzierungsstufen von Keratinozyten zusammensetzt. Während ihrer Differenzierung werden diese Zellen nach außen, zur oberflächlichen Schicht hin, verlagert (BREATHNACH 1980), sterben dabei allmählich ab (MÜLLER 1995; WELSCH 1997) und bilden Keratine, die sich zunehmend untereinander vernetzen (BRODY 1960). Die morphologische Differenzierung der Keratinozyten umfaßt folgende Prozesse:

- Abflachung der Zellen (PLEWIG u. MARPLES 1970; ELIAS 1981; CHRISTOPHERS et al. 1989),
- Abflachung, Degeneration des Zellkerns (SPEARMAN u. HARDY 1977; SAJONSKI u. SMOLICH 1978),
- Verlust an Zellorganellen (SPEARMAN u. HARDY 1977; ODLAND u. HOLBROOK 1981; CHRISTOPHERS et al. 1989),
- progressive Keratinisierung (MALONEY et al. 1984; CHRISTOPHERS et al. 1989) und Dehydratation (MALONEY et al. 1984),
- fast vollständiger Abbau der Glykokalyx (GRAY 1981),
- Dickenzunahme der Zellmembran (CHRISTOPHERS et al. 1989).

FRITSCH (1990), auch ELIAS (1983), unterteilen den Differenzierungsgang der Keratinozyten in vier Prozesse, bei denen Stoffwechselprodukte freiwerden, die in Interaktionen treten (Abb. 2):

- Synthese der Keratinfilamentproteine (Zytokeratine),

- Synthese des Filaggrins,
- Bildung der cornified envelope,
- Synthese der Lipide.

Durch ständige Rekrutierung neugebildeter Zellen und Abschilferung von Zellen aus der Hornschicht befindet sich die Epidermis in einem Fließgleichgewicht (FRITSCH 1994).

Diesem Epithel fehlt eine direkte Vaskularisierung, so daß es indirekt über Gefäße des angrenzenden Bindegewebes auf dem Weg des „Säftestromes“ erreicht werden muß, wodurch die basale Zellage am besten versorgt wird (SAJONSKI u. SMOLLIICH 1978).

2.1.1.1. Stratum basale

Die basalen epithelialen Zellen ruhen auf einer Basallamina, die selbst ein Produkt dieser Zellen ist (TALUKDAR 1973). Diese Lamina verläuft parallel zur Zellmembran der Keratinozyten (FRITSCH 1990). In ihr inserieren kurze typisch quergestreifte Verankerungsfilamente (Ankerfibrillen), die in Richtung des Str. superficiale strahlen (KÖPF-MEIER u. MERKER 1989) und ihrerseits wieder im dermalen Kollagen verankert sind (FRITSCH 1990). GUO und GRINELL (1989) betonen, daß die Basalmembran die Haftung der Epidermis auf der Dermis fördert, jedoch keinen direkten Einfluß auf die Differenzierung der Keratinozyten des Str. basale ausübt.

Das Str. basale besteht aus einer einschichtigen zylindrischen Zellage (u. a. NEURAND u. MEYER 1987), deren einzelne Zellen mit schlanken Fortsätzen (TALUKDAR 1973) - im Sinne einer Oberflächenvergrößerung nach WELSCH (1997) - ins angrenzende Bindegewebe ragen und über Halbdesmosomen in direkter Verbindung mit der Basalmembran (dermo-epidermale Junctionszone) stehen (RUPEC 1980; KÖPF-MEIER u. MERKER 1989; FRITSCH 1990).

Die Stammzellen des Str. basale können ihre hohe kontinuierliche Teilungsfähigkeit (MEYER 1998) nur im direkten Kontakt zum Laminin der Basalmembran aufrechterhalten (MÜLLER 1995). Für den Menschen stellt FRITSCH (1990) heraus, daß ständig lediglich ca. 40 % der Basalzellen an der Proliferation beteiligt sind, während der größere Teil eine ruhende Population verkörpert.

2.1.1.2. Stratum spinosum

Das Str. spinosum ist ein- bis mehrlagig (nach MEYER [1998] beim Pferd 3-5 Lagen) und besteht aus polygonalen Keratinozyten mit charakteristisch weiten Interzellularräumen (u. a. ODLAND 1983). NEURAND und MEYER (1987) heben ausdrücklich starke Unterschiede der Ausbildung dieser Zellschicht in Abhängigkeit von Körperregion und Tierart hervor. Die Zellen sind reich verzahnt und durch desmosomale Zellkontakte fest miteinander verbunden (KÖPF-MEIER u. MERKER 1989; MEYER 1998), die von WELSCH (1997) als Querbrücken zwischen den Zellen bezeichnet werden. Nach der Fixierung geben die Desmosomen den Zellen infolge von Schrumpfungsfaktoren ein stacheliges Aussehen („Stachelzellschicht“). Die Desmosomen werden ständig abgebaut und neu gebildet, so daß eine aktive Zellbewegung ermöglicht wird (FRITSCH 1994).

Während das Zellvolumen im Laufe der Entwicklung um ein Vielfaches ansteigt, bleibt das Volumen des Zellkerns indessen unverändert (ELIAS 1981). Es kommt zu einer horizontalen der vormals vertikalen Ausrichtung der Zellen, zur Umorientierung der Zellachse (MEYER 1998), wobei die Zellen beginnen abzuflachen (BADEN 1989).

Intrazellulär werden ODLAND-Körperchen (Keratinosomen, Lamellarkörperchen, membrane coa-

ting granules) gebildet (Abb. 2), die eine Größe von 0,1-0,3 µm erreichen (ODLAND 1960; MATOLTSY u. PARAKKAL 1965; LANDMANN 1980; STÜTTGEN 1990). Ferner findet in den oberen Schichten nach FRITSCH (1990) die Synthese von Profilaggrin statt, das mit Keratinfilamenten klumpige Aggregate - Keratohyalin granula - bildet (Abb. 2).

2.1.1.3. Stratum granulosum

Die sich abflachenden Zellen formen beim Pferd eine ununterbrochen durchziehende Übergangsschicht (MEYER 1998) aus ein bis drei Lagen (GOLDSBERRY u. CALHOUN 1959; NEURAND u. MEYER 1987; BADEN 1989). Die Zellkerne zeigen bereits Kernveränderungen (KÜHNEL 1985).

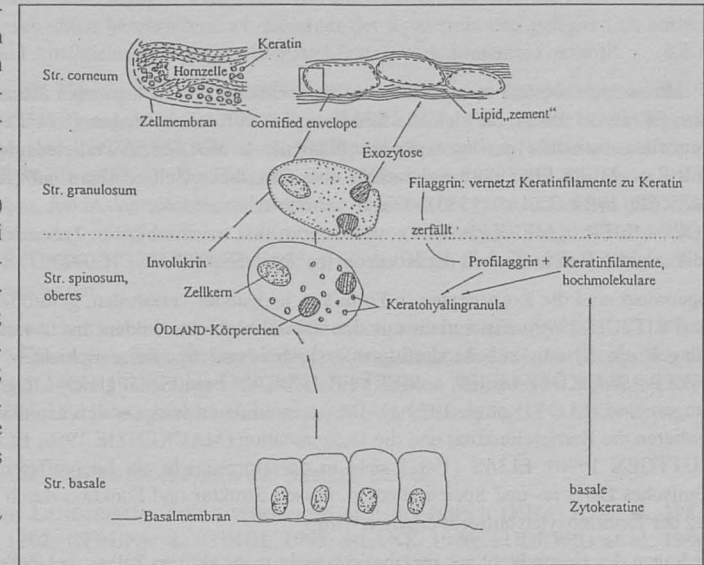


Abb. 2: Prozeß der Differenzierung der Keratinozyten.

Im Zytoplasma befinden sich reichlich intermediäre Filamente (KÖPF-MEIER u. MERKER 1989), ODLAND-Körperchen und lichtmikroskopisch auffällige, mit basischen Farbstoffen anfärbbare Keratohyalin granula (SAJONSKI u. SMOLLIICH 1978) (Abb. 2), die amorph, elektronendicht und ohne Membranüberzug sind (TALUKDAR et al. 1972 b; KÜHNEL 1985; BADEN 1989). Die Keratohyalinkörnchen enthalten neben einem histidinreichen fibrillären Protein (Keratinfilamente) auch cystin- und prolinhaltige Proteine (REAVEN u. COX 1965; FEGELER u. RAHMANN-ESSER 1981; FRITSCH 1990), wobei das Profilaggrin zur Aggregation der Keratinfilamente führt (BADEN 1989). Es kommt im weiteren zum Abbau von Zellorganellen (STÜTTGEN 1990).

Als ODLAND-Körperchen bezeichnet man lamellierte Zellorganellen, die reichlich Enzyme und Lipide enthalten. Wie in Abbildung 2 dargestellt, werden sie via Exozytose freigesetzt und bilden im interzellulären Raum eine Lipiddoppelschicht (STÜTTGEN 1990). Diese dient in der Hornschicht als interkorneozytäre Matrixsubstanz (Kittsubstanz) (ODLAND u. HOLBROOK 1981). So induzieren die ODLAND-Körperchen den Aufbau der Barrierefunktion (FRITSCH 1990).

2.1.1.4. Stratum lucidum

Das Str. lucidum zählt nur in wenigen Körperregionen zu den Bestandteilen der Epidermis, nicht aber in der Haut der Milchdrüse (LUDEWIG 1997 a). Es kommt lediglich in Verbindung mit dicken Hornschichten vor (PINKUS 1927; SAJONSKI u. SMOLLIICH 1978), so bspw. bei der

Ziege am Klauenrand (SAR u. CALHOUN 1966), beim Rind perianal und am Klauenrand (GOLDSBERRY u. CALHOUN 1959) oder beim Schaf am Klauenrand, am Planum nasale und an der Lippe (KOZLOWSKI u. CALHOUN 1969).

Die Schicht erscheint homogen hell und azidophil. Sie enthält mehrere Eiweiße, die unter dem Begriff Eleidin zusammengefaßt werden (UNNA 1908; PINKUS 1927; SAJONSKI u. SMOLLICH 1978). Hier verschmelzen Filamente mit dem Keratohyalin (STÜTTGEN 1990).

2.1.1.5. Stratum corneum

Die Hornschicht besteht aus plättchenartigen zellkernlosen hexagonalen Korneozyten (ELIAS 1989; FRITSCH 1990), die sich aus Keratinozyten differenziert haben (STÜTTGEN 1990). Die Hornzellen enthalten nur noch Keratinfilamente sowie elektronendichtes Material (KÖPF-MEIER u. MERKER 1989) und weisen eine sehr dicke Zellmembran auf (KÖPF-MEIER u. MERKER 1989; ELIAS 1983). Diese verdichtet ihren inneren Anteil ungewöhnlich stark (KÖPF-MEIER u. MERKER 1989), was als cornified envelope (Abb. 2) bezeichnet wird und u. a. die „rigide“ Beschaffenheit der Korneozyten verursacht (FRITSCH 1990).

Angeordnet sind die Korneozyten in Form von ineinander verzahnten, geldrollenähnlichen Säulen (FRITSCH 1990). Zusammen mit den Zwischenräumen bilden die übereinanderliegenden Zellagen ein System aufeinanderfolgender hydro- und lipophiler Schichten (NEURAND u. MEYER 1987; KÖPF-MEIER u. MERKER 1989), die beim Schaf gleichmäßig von Talg durchdrungen sind (LLOYD et al. 1979 a). Die interzellulären horizontalen Lipidlamellen (Abb. 2) regulieren die Barrierefunktion und die Desquamation (MACKENZIE 1969; ELIAS 1983, 1989; STÜTTGEN 1990). ELIAS (1981) sieht in der Hornschicht ein hochdifferenziertes physikochemisches Barriere- und Speichersystem, dessen Struktur und Funktion durch die Differenzierung der Keratinozyten aufrecht erhalten wird.

Die Lagen der Hornschicht aus metabolisch nicht mehr aktiven Zellen und Zellresten sind oberflächlich relativ locker gepackt, während sie basal verdichtet sind (BRODY 1968; NEURAND u. MEYER 1987; KÖPF-MEIER u. MERKER 1989; LUDEWIG 1997 a). NEURAND und MEYER (1987) sowie MEYER (1998) unterscheiden infolgedessen ein Str. conjunctum von dem peripheren locker aufliegenden Str. disjunctum (Abb. 1), das der Abschilferung unterliegt. Laut LLOYD et al. (1979 a) ist die gesamte vitale Epidermis beim Schaf nur halb so dick wie das Str. corneum.

2.1.1.6. Epidermale dendritische Zellen

Als verzweigte Zellen der Epidermis sind Melanozyten, LANGERHANS-Zellen und MERKEL-Zellen (Abb. 1) zu nennen (BREATHNACH 1980; BOS et al. 1988).

2.1.1.6.1. Melanozyten

TALUKDAR et al. (1972 b) beschreiben in der Haut des Pferdes nur im Str. spinosum und Str. granulosum aktive dendritische Melanozyten neuroektodermaler Abkunft (FRITSCH 1994), SCHLEGER und BEAN (1973 b) beim Rind dagegen in allen Epidermisschichten. Beim Schaf werden ebenfalls Melanozyten mit zahlreichen dendritischen Ausläufern beobachtet (LUDEWIG 1997 c), wobei die Zellen an der epidermalen Grenze zur Dermis sowie bei Haaren in der äußeren Wurzelscheide und in der Haarzwiebel zu finden sind (SCHÖNBERG 1929; LYNE u. HOLLIS 1968; FORREST et al. 1985).

SCHLEGER und BEAN (1973 b) vermuten eine bedeutende Rolle des Melanozytensystems im

Abwehrmechanismus der Haut. Sie unterscheiden zwischen melanotischen Melanozyten, Dopapositiven Zellen und Melanozyten der Dermis. In ähnlichen Lokalisationen treten sie bei weiteren Spezies auf (LERNER 1980; KÖPF-MEIER u. MERKER 1989). SCHÖNBERG (1929) begründet das Fehlen dieser Zellen in den mittleren und oberen Epidermisschichten mit der mangelnden Sauerstoffversorgung.

In der Dermis befinden sich nach MONTAGNA (1967) sowie SCHLEGER und BEAN (1973 b) keine aktiven Melanozyten. Dagegen werden sie von MEYER (1998) als freie Zellen der oberflächlichen Dermis beschrieben, wo sie unter der Epidermis und gelegentlich entlang von Blutgefäßen und Ausführungsgängen der Schweißdrüsen vorkommen.

Diese Zellen bilden das Pigment Melanin (SCHÖNBERG 1929), was im Zytoplasma zunächst in Form von Melanosomen gelagert ist (SAJONSKI u. SMOLLICH 1978), später an umliegende Keratinozyten abgegeben (FITZPATRICK et al. 1983) und phagozytiert (Melanophoren) wird (STÜTTGEN u. KÄFER 1987 a). Der Transfer des Melanins erfolgt über die Spitzen von Zytoplasmaausläufern, die in den Nachbarzellen stecken (LERNER 1980). Außerdem diffundieren Melanin granula in den subepidermalen Raum, wo sie von Histiozyten phagozytiert werden. Melanin ist nach STÜTTGEN und KÄFER (1987 a) in der Lage, Fremdstoffe, einschließlich Arzneimitteln, zu adsorbieren.

Beim Rind und beim Schaf kommt auf ca. 10-20 Keratinozyten ein Melanozyt (SCOTT 1988). Allgemein stellen Melanozyten bzw. Melanoblasten bei Säugetieren 8-25 % der Basalzellen dar (SAJONSKI u. SMOLLICH 1978). Laut FRITSCH (1994) halten Melanozyten ständigen Kontakt zur Basalmembran und beteiligen sich nicht an der Aufwärtsbewegung der Keratinozyten.

2.1.1.6.2. Epidermale LANGERHANS-Zellen und MERKEL-Zellen

Die mononukleären LANGERHANS-Zellen verzweigen sich dendritisch (KHALIL et al. 1982; HAMADA et al. 1992; STRUNK u. STINGL 1995; BLANK 1996; LUDEWIG et al. 1996; BUCHER u. WARTENBERG 1997 b; SMOLLE 1998). Sie sind eng mit Nervenfasern der Epidermis verbunden (MISERY 1998) und reagieren positiv auf alkalische Phosphatase (KHALIL et al. 1982; BERNATECK et al. 1996), so daß u. a. SCHLEGER und BEAN (1973 a) unspezifische alkalische Phosphatase zur Darstellung amelanotischer dendritischer Zellen, deren Komplexität sich umgekehrt proportional zur Keratinozytenaktivität und zur Bildung von Melanin verhält, in der Rinderhaut verwandten.

Nach MEYER (1986) stimmen die LANGERHANS-Zellen mit den „clear cells“, hellen proteinarmen Epidermiszellen überein. Auf ultrastruktureller Ebene werden sie durch intrazytoplasmatische tennisschlägerförmige BIRBECK- oder LANGERHANS-Granula (EL-LABBAN 1982; KHALIL et al. 1982; SCOTT 1988; STRUNK u. STINGL 1995; BERNATECK et al. 1996; GERLACH et al. 1998; SMOLLE 1998), einen gelappten, unregelmäßig eingefalteten Kern sowie das Fehlen von Tonofibrillen (KHALIL et al. 1982; MOORE u. MARIASSY 1986; STEVENS u. LOWE 1997 a) charakterisiert.

In der Epidermis der Haustiere sind sie sporadisch im mittleren und oberen Bereich verteilt (MEYER 1986, 1998). Beim Rind konstatieren KHALIL et al. (1982) ca. 1 600 LANGERHANS-Zellen/mm². In der Haut des Pferdes liegen die Zellen in gleichmäßiger Verteilung vor, wobei 3-10 Zellen auf 200 Keratinozyten kommen (MEYER 1998). Gemäß TOWNSEND et al. (1997) findet man diese Zellen beim Schaf im Str. basale.

In der menschlichen Epidermis treten sie vom Str. basale bis Str. spinosum sowie in der äußeren Wurzelscheide auf (KHALIL et al. 1982; SCOTT 1988). MORESI und HORN (1997) weisen

unterschiedliche Häufigkeiten in Haarfollikeln nach. Beim Menschen beträgt ihr Anteil an den epidermalen Zellen 3-8 % (KATZ et al. 1979; BLANK 1996). Während BREATHNACH (1988) eine Verteilung unabhängig vom Geschlecht beschreibt, führt DE SAA ALVAREZ (1997) signifikante Geschlechterunterschiede in der Oberflächen- und Volumendichte epidermaler LANGERHANS-Zellen an. Sie kommen in hexagonaler Anordnung und relativ gleichmäßig dicht ($500-1\,000/\text{mm}^2$) über die Körperoberfläche verteilt vor (STROBEL 1996), jedoch besonders zahlreich in der Haut der Extremitäten (FÖRSTER 1993). Aufgrund des Zustroms aus der Dermis und durch Zellteilung befinden sie sich „in Homöostase“ (FRITSCH 1994).

Die Zellen entstammen Vorläuferzellen aus dem Knochenmark (TAMAKI u. KATZ 1980; BREATHNACH 1988; KANAUCHI et al. 1989; BLANK 1996), nach KATZ et al. (1979) zu 80 %. Sie zeichnen sich durch ihre Stoffwechselaktivität, eine geringe phagozytäre Kapazität (EL-LABBAN 1982) sowie ihre Bindungskapazität für Fremdstoffe aufgrund von Rezeptoren (KATZ et al. 1979; EL-LABBAN 1982; STÜTTGEN u. KÄFER 1987 a; STROBEL 1996; SMOLLE 1998), besonders Neuropeptidrezeptoren, aus (MISERY 1998). Neuropeptide modulieren nach MISERY (1998) die Funktion dieser Zellen.

Ihre Fortsätze bilden ein netzartiges System, um eindringende Antigene abzufangen (STROBEL 1996). Nach dem Kontakt nehmen sie Antigene (FLOHE' 1997), inklusive Parasiten, auf und verarbeiten sie intrazellulär (BUCANAN et al. 1992). Dabei unterliegen die Zellen morphologischen Reifungsprozessen (STROBEL 1996). Über das Lymphgefäßsystem als Pfad verlassen die Zellen danach die Epidermis (SILBERBERG-SINAKIN u. THORBECKE 1980; BUCANAN et al. 1992) und gelangen in den drainierenden Lymphknoten (FLOHE' 1997). Als interdigitierende Retikulumzellen aktivieren sie dort schließlich T-Helferzellen (BUCANAN et al. 1992; FRITSCH 1994).

Epidermale LANGERHANS-Zellen gehören der Monozyten-Makrophagen-Histiozyten-Reihe an (EL-LABBAN 1982; SMOLLE 1998) und werden als Vorposten des Haut-assoziierten Immunsystems (SMOLLE 1998), des Haut-Immun-Systems (BOS et al. 1988) oder des Neuro-Immun-Haut-Systems (MISERY 1998) angesehen. SMOLLE (1998) benennt intraepidermale Lymphozyten als ihre Partner. LANGERHANS-Zellen prägen angebotene Fremdstoffe immunstimulierend zu Allergenen (JUHLIN u. SHELLEY 1977; KATZ et al. 1979; STÜTTGEN u. KÄFER 1987 a; BUCANAN et al. 1992; MISERY 1998), spielen eine große Rolle bei der Antigenpräsentation (BUCHER u. WARTENBERG 1997 b) und sezernieren zudem den epidermalen T-Zell-stimulierenden Faktor (STÜTTGEN u. KÄFER 1987 a), wodurch sie T-Helfer-Zellen aktivieren (FÖRSTER 1993). Jedoch im Falle einer HIV-Infektion dienen sie weder als virales Hauptreservoir noch als Vektor (VON STEMM 1995).

MERKEL-Zellen (MERKEL-Tastzellen) sind auf das Str. basale beschränkt (BUCHER u. WARTENBERG 1997 b; SMOLLE 1998; FRITSCH 1994) und sitzen an der Basis eines Retezapsens der Basallamina direkt auf (FRITSCH 1994). Sie werden durch ein blasses Zytoplasma, einen lobulierten Kern und typische Granula am basalen Pol charakterisiert (BREATHNACH 1980; FRITSCH 1994; BUCHER u. WARTENBERG 1997 b). Nach FRITSCH (1994) sowie SMOLLE (1998) enthalten die Zellen Neuropeptide.

Aufgrund elektronenmikroskopischer Untersuchungen konstatiert NAFSTAD (1987) ein Auftreten der Zellen in drei verschiedenen Untergruppen, die jeweils unterschiedliche Lebensstadien repräsentieren. An den Zellen enden marklose Nervenfasern (BUCHER u. WARTENBERG 1997 b). STEIGLEDER (1992) äußert darüber Verwunderung, daß Keratinozyten zu MERKEL-Zellen und Melanozyten, nicht aber zu LANGERHANS-Zellen Kontakt aufnehmen.

Nach STRAILE (1960), MANN (1965) sowie EVANS (1973) fungieren sie als Mechanorezeptoren und vermitteln Tastempfindungen (SMOLLE 1998). Das wiederum bezweifelt FRITSCH (1994), der sie als neurosekretorische Zellen den APUD-Zellen zuordnet. BUCHER und WARTENBERG (1997 b) schließlich rechnen sie zu den Paraneuronen.

2.1.2. Dermis

Neben den zwei Lagen der Dermis (Lederhaut, Corium) unterscheidet u. a. KÜNZEL (1990) zusätzlich einen Papillarkörper (Corpus papillare), der die Gesamtheit der Koriumerhebungen unter der Epidermis verkörpert und je nach Hautareal unterschiedlich stark ausgebildet ist. Darüber hinaus sind die Faserstrukturen lockerer als im Str. superficiale. In diesem Bereich verankern sich die basalen Epidermiszellen durch unterschiedlich gestaltete basale Zytoplasmadifferenzierungen an der Dermis (KRIEG u. TIMPL 1983; FRITSCH 1990), wie Wurzelfüßchen oder Leisten, die die Basalmembran durchdringen (TALUKDAR 1973) und sich in entsprechende Einsenkungen an der Dermisoberseite einpassen (SCHMIDT et al. 1974). Ergänzend fügt TALUKDAR (1973) noch das Ineinandergreifen von retikulären und elastischen Fasern an diesem dermo-epidermalen Verbundkomplex hinzu, während KRIEG und TIMPL (1983) ein Anknüpfen retikulärer Fasern an die kollagenen schildern.

Die oberflächliche Lage (Str. superficiale) ist stets ausgebildet, wenn auch stellenweise nur schwach, und folgt allen Einsenkungen, wie z. B. Haaren. Sie besitzt feine, eng aneinanderliegende, stark vernetzte kollagene Fasern (GOLDSBERRY u. CALHOUN 1959; TALUKDAR et al. 1972 a). HUSSEIN (1972) charakterisiert diese Schicht beim Menschen als einen dünnen Bereich lockeren Bindegewebes, der dichter als das Str. profundum gebaut ist (LUDEWIG 1997 a) und in den nach KÜNZEL (1990) bei Pferd und Rind besonders zahlreich elastische Fasern eingelagert sind, die - eng mit kollagenen Fasern verwoben - ein subepidermales Netz bilden. Im Vergleich zum Rind treten beim Pferd feinere kollagene und elastische Fasern zahlreicher auf (STOSS 1906; LUDEWIG 1997 d). Beim Menschen verzweigen sich die elastischen Fasern, ordnen sich jedoch nicht in dichten Bündeln an (SHELLLOW u. KLIGMAN 1967).

Hingegen ist das breitere Str. profundum dermidis mit kompakten, dickeren kollagenen Fasern, die ein Flechtwerk formen (SCHMIDT et al. 1974), ausgestattet (GOLDSBERRY u. CALHOUN 1959; HUSSEIN 1972; KÜHNEL 1985; LUDEWIG 1997 d).

Kollagene Fasern werden durch elastische (GOLDSBERRY u. CALHOUN 1959; LYNE u. HOLLIS 1968; KOZLOWSKI u. CALHOUN 1969; MEYER et al. 1994) und retikuläre Fasern ergänzt, die sich, eng benachbart zu den Zellen des Str. superficiale, zu einem extensiven Geflecht zusammenfinden (TALUKDAR et al. 1972 a; TALUKDAR 1973). Bei großen Haustierarten bilden elastische Fasern an der Grenze zur Subkutis eine dicke Platte (MEYER et al. 1994).

Die Mehrzahl der Autoren (u. a. WAKURI et al. 1995) unterscheidet ein Str. papillare und Str. reticulare, was Künzel (1990) für irreführend hält, da das Str. papillare sinngemäß nur das Gebiet des Papillarkörpers einschließt und das Str. superficiale vornehmlich bei Pferd und Rind viel tiefer reicht.

In erster Linie dienen die deutlich dickeren kollagenen Fasern des Str. profundum der mechanischen Festigkeit (KÜHNEL 1985; KÜNZEL 1990), während elastische Fasern nach ausgeübtem Druck für den Rückdeformationsmechanismus (OXLUND et al. 1987) sowie für die bewegliche Aufhängung der Haarfollikel (MEYER 1998) verantwortlich sind. Nach DALY (1982) muß die Lederhaut jede Deformation auf einen geringeren Wert abschwächen, der nötig wäre, um die Epidermis zu zerreißen.

In der Dermis befinden sich hauptsächlich Fibroblasten und Fibrozyten sowie Plasmazellen, Histiozyten, Fettzellen und Mastzellen, wobei das Str. superficiale als zellreicher eingeschätzt wird (LINDNER 1963; HUSSEIN 1972). Beim Rind kommen besonders Plasmazellen und Lymphozyten im Str. superficiale in hoher Anzahl vor (GOLDSBERRY u. CALHOUN 1959; KOZLOWSKI u. CALHOUN 1969), während MEYER et al. (1978 b) bei Schaf und Ziege gehäuft Mastzellen im Str. profundum beobachten. KUTHER et al. (1998) differenzieren beim Rind drei Subtypen an Mastzellen, wobei sog. TC-Mastzellen nur im Uterus und in der äußeren Haut auftauchen. Nach STÜTTGEN und KÄFER (1987 b) unterscheiden sich die stets gefäßnahen kutanen Mastzellen ultrastrukturell von denen in anderen Organen. Laut KÜNZEL (1990) bilden Nerven und Mastzellen gemeinsam mit Kapillaren einen vaso-neuro-hormonalen Verbund, eine besonders aktive und reaktive Hautzone. Detaillierter Ausführungen zu Mastzellen liegen u. a. von STÜTTGEN und KÄFER (1987 b) sowie ROSS et al. (1995 a) vor.

2.1.2.1. Haarfollikel

Im Hinblick auf Ausbildung und Häufigkeit der Haarfollikel existieren regionale Unterschiede. Haare fügen sich über den bindegewebigen Haarbalg fest in das Fasersystem der Dermis ein. Jeder Haarfollikel ist mit einem Kapillarplexus, einem Kranz aus Nervenfasern, einer Talgdrüse und einem M. arrector pili verbunden (SPEARMANN 1977). Aufgrund des steten Vorkommens eines Haares und einer Talgdrüse spricht MONTEIRO-RIVIERE (1991) von einem regelrechten Haar-Talgdrüsen-System (pilosebaceous system).

Bei Schaf und Ziege sind die Haare in Gruppen verteilt, in denen Primär- und Sekundärhaarfollikel unterschieden werden (MICHEL 1992). Nach MEYER et al. (1994) besitzen mittelmäßig dicht behaarte Tiere, wie z. B. Ziege und Schaf, relativ lange Haarfollikel. Laut KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) enthält jede Follikelgruppe beim Schaf mindestens drei primäre und 15-16 sekundäre Wollfollikel. Dabei besteht eine primäre aus einer Talgdrüse, einer Duftdrüse und einem M. arrector pili, während eine sekundäre lediglich mit einer Talgdrüse kombiniert ist, nach LYNE und HOLLIS (1968) auch noch mit einem M. arrector pili. Die Haardichte wird mit 6 000-8 000 Haare/cm² für das Schaf und 1 200-1 800 Haare/cm² für die Ziege angegeben (MICHEL 1992).

Beim Pferd werden zentrale und laterale Primärhaarfollikel sowie dünnere Sekundärhaarfollikel ohne apokrine Schlauchdrüsen als Haarfollikelformen unterschieden, wobei die Primärhaarfollikel sich in Dreiergruppen formieren (MEYER 1998). MEYER et al. (1996) rechnen das Pferd zu den wenig behaarten Tieren (800 Haare/cm²). Dagegen treten beim Rind Einzelhaarfollikel auf. Es besitzt ca. 900-1 300 Haare/cm² (MICHEL 1992).

Detaillierte Untersuchungen des Haarkleides vom Pferd liegen von TALUKDAR et al. (1972 a), von verschiedenen Ziegenrassen bei JONEN (1991) und SCHWARZ et al. (1991) sowie vom Schaf bei MANN (1965), HYND et al. (1986) und HABERMEHL (1996 a) vor.

2.1.2.2. Musculus arrector pili

Der M. arrector pili (Haarbalgmuskel) verkörpert ein Bündel glatter Muskelzellen und inseriert mit elastischen Fasern an der äußeren Wurzelscheide des Haarfollikels unmittelbar distal der Talgdrüse (MONTAGNA 1967; TALUKDAR et al. 1972 b; SPEARMANN 1977; KÜHNEL 1985; LEONHARDT 1990 b; MONTEIRO-RIVIERE 1991; LUDEWIG et al. 1996). Nach KÜNZEL (1990) und LEONHARDT (1990 b) zieht er schräg aufwärts unter die Epidermis in kollagene Fasernetze basal des Papillarkörpers und ist beim Pferd über kräftige elastische Fasern mit der Basalmembran der Epidermis verbunden (MEYER 1998). In seinem Verlauf tendiert er

zu einer Fächerform und gabelt sich bei Huftieren (SPEARMANN 1977) in so viele Zweige, wie sich die zugehörige Talgdrüse in Läppchen aufgliedert (TALUKDAR et al. 1972 b; WAKURI et al. 1995). Nach MEYER (1998) tritt durch den Haarbalgmuskel beim Pferd der Ausführungsgang der apokrinen Schlauchdrüse.

Die Mm. arrectores pilorum sind auf der Seite der Haarneigung lokalisiert und unterstützen mit ihrer Kontraktion die Vasokonstriktion, wodurch sich der periphere Blutstrom reduziert (FINDLAY u. YANG 1951). Zudem richten sie das Haar auf und komprimieren Talgdrüsen (LEONHARDT 1990 b).

2.1.2.3. Hautdrüsen

Nach KÜHNEL (1985) kommen die Gll. cutis bis an die Grenze der Dermis zur Hypodermis heran vor. Zu den duftproduzierenden Hautdrüsen werden sowohl die Talg- als auch die apokrinen Schlauchdrüsen gerechnet (MYKYTOWYCZ 1972).

2.1.2.3.1. Talgdrüsen

Die Talgdrüsen (Gll. sebaceae) sind mehrlappig und setzen sich aus polygonalen Drüsenepithelzellen in mehrschichtiger Lage zusammen (WAKURI et al. 1995; LUDEWIG et al. 1996; LUDEWIG 1997 c). Nach LEONHARDT (1990 b) liegen die Drüsen beim Menschen lediglich auf einer Seite des Haarbalges.

Das jeweilige Drüsenendstück besitzt kein Lumen. Auf der peripher lokalisierten Lam. basalis sitzt eine Lage eosinophiler undifferenzierter Stammzellen (Basal-, Matrixzellen), die sich mitotisch teilen und sich allmählich nach zentral bewegen (DOWNING u. STRAUSS 1982). Diese Drüsenzellen enthalten Glykogen (MONTAGNA 1963), erscheinen durch Vakuolenbildung hell und akkumulieren zunehmend Lipide (DOWNING u. STRAUSS 1982). Die Vakuolen werden im Verlauf der Zellwanderung größer, fließen zusammen und füllen das Zytoplasma fast aus (KREBS 1992). Nach fortschreitender Pyknose kommt es zur Karyorhexis und Zytolyse, wodurch alle Bestandteile in den Ausführungsgang gelangen (DOWNING u. STRAUSS 1982; LEONHARDT 1990 b).

Im Lumen des Ausführungsganges dieser typisch holokrin sezernierenden Drüse (LEONHARDT 1990 b; WAKURI et al. 1995) läßt sich das stärker azidophile Sekret (Hauttalg) nachweisen, das, wie bereits erwähnt, durch Zytolyse frei wird und über einen, teilweise auch über mehrere kurze Ausführungsgänge, in den Haarbalg (u. a. TALUKDAR et al. 1972 b; LEONHARDT 1990 b; LUDEWIG et al. 1996; LUDEWIG 1997 d) abgegeben wird. In die verhältnismäßig kräftige Membrana propria lagern sich verstärkt auch Bindegewebsfasern ein, so daß sich die Drüse zum umliegenden Bindegewebe deutlich abgrenzt. Hinzu tritt außerdem ein weitmaschiges Netz aus Blutgefäßen (MEYER et al. 1996), das die Endstücke mit stark blutgefüllten Kapillaren umschließt (KREBS 1992). Bindegewebige Trabekel in wechselnder Anzahl lobulieren die Drüse (KOZLOWSKI u. CALHOUN 1969; LUDEWIG 1997 c).

Die Größe der gesamten Drüse schwankt bei den verschiedenen Spezies geringgradig. Untersuchungen an Ziegenböcken (JENKINSON et al. 1967) zeigen, daß sich die Drüsen dieser Spezies in sexuell aktiven Perioden vergrößern. Beim Rind verhält sich die Drüsengröße nach Studien von GOLDSBERRY und CALHOUN (1959) zur Haardicke umgekehrt proportional.

KOCH und BERG (1993) berichten ausdrücklich von gehäuftem Auftreten dieser Drüsenart u. a. in der Euterhaut des Pferdes.

Mehrere Autoren gehen von einer kontinuierlichen Funktion der Drüsen aus (KLIGMAN 1963;

DOWNING u. STRAUSS 1982). DOWNING und STRAUSS (1982) ermitteln durchschnittlich 8 Stunden Sekretionsdauer und 14 Tage Transitzeit der menschlichen Talgzellen.

2.1.2.3.2. Apokrine Schlauchdrüsen

Die apokrin sezernierende Schlauchdrüse (Gl. sudorifera apocrinae, Gl. tubuliformes apocrinae) wird auch als Stoff-, Duft- oder große Schweißdrüse bezeichnet (u. a. WELSCH 1997; MEYER 1998) und stellt eine einfache verzweigte tubuläre Drüse mit stark geknäultem sekretorischen Abschnitt dar (MONTAGNA u. PARAKKAL 1974; LEONHARDT 1990 b; WAKURI et al. 1995).

Bei den Haustieren bildet diese Drüsenart im Gegensatz zum Menschen den Hauptanteil tubulärer Hautdrüsen (KOZLOWSKI u. CALHOUN 1969; DUKES 1970; MONTAGNA u. PARAKKAL 1974). Von den Haustieren sind apokrine Schlauchdrüsen beim Pferd am zahlreichsten und besten entwickelt (DUKES 1970; TALUKDAR et al. 1970; SØRENSEN u. PRASAD 1973; MEYER et al. 1978 a). In großer Anzahl kommen sie bei der Stute in der Euterhaut (MEYER et al. 1998), einschließlich der Zitzenhaut, vor (STOSS 1906; TALUKDAR et al. 1972 b; LUDEWIG 1997 d), in der Flanke bilden sie eine kontinuierliche Lage (STOSS 1906). Nach GOLDSBERRY und CALHOUN (1959) treten Schlauchdrüsen in der gesamten behaarten Haut des Rindes auf.

Da sie beim Schaf in der inguinalen Region (LUDEWIG 1997 c) dominieren, tragen sie dort die Bezeichnung „inguinale Drüsen“ (KOZLOWSKI u. CALHOUN 1969). Die Drüsen werden nur in Verbindung mit einem primären Haarfollikel beobachtet (LYNE u. HOLLIS 1968).

Die Endstücke werden bei Ziege und Schaf als relativ klein, beim Rind als sackförmig, gering gewunden und beim Pferd als knäulförmig, unregelmäßig aufgewunden beschrieben (MEYER et al. 1978 b).

Der sekretorische Teil befindet sich unter dem Niveau der Haarfollikel (EVANS et al. 1957; MARGOLENA 1962; WAKURI et al. 1995; LUDEWIG 1997 a, c). Bei der Ziege zeigt er indessen die Tendenz, oberhalb des Follikels zu bleiben (MARGOLENA 1962). Beim Pferd können die Endstücke den Haarfollikel vollständig umgeben (TALUKDAR et al. 1972 b), wobei sie im Übergangsbereich Dermis-Subkutis vorkommen (MEYER et al. 1978 b).

Die tierartlich unterschiedlich weiten azinösen Endstücke (LUDEWIG et al. 1996) bilden zusammenhängende Strukturen, die voneinander bindegewebig getrennt sind (KÜHNEL 1985; LUDEWIG 1997 d). Ihr einschichtiges Epithel besteht beim Rind (LUDEWIG et al. 1996) aus abgeflachten Drüsenepithelzellen mit einem kugeligen zentral liegenden Zellkern (EVANS et al. 1957; MARGOLENA 1962; LEONHARDT 1990 b; LUDEWIG et al. 1996; LUDEWIG 1997 c, d), zahlreichen Einschlüssen, atypischen Mitochondrien (COTTON et al. 1975 a) und einem dichten apikalen Mikrovillibezug (COTTON et al. 1975 b; MEYER 1998). Nach Ergebnissen von EVANS et al. (1957) enthalten die Zellen Glykogen, während ANDRES und VON DÜRING (1977) lipid- und polysaccharidhaltige Granula vorfinden. Lichtmikroskopisch lassen zahlreiche Sekretvesikel die aktiven Zellen hell erscheinen (MEYER 1998).

Die Zellgestalt der Drüsenepithelzellen unterliegt einer Morphokinese, d. h., sie weist deutliche Unterschiede in Abhängigkeit von ihrem aktuellen Stadium des Sekretionsmechanismus auf (BARGMANN 1977 b; ELDER et al. 1977; KÜHNEL 1985; LUDEWIG et al. 1996; LUDEWIG 1997 c; WELSCH 1997). Während der Sekretion schieben sich z. B. am apikalen Pol der hochprismatischen Zellen kuppelartige zytoplasmatische Vorwölbungen (Protrusionen) ins Lumen vor (KOZLOWSKI u. CALHOUN 1969; ANDRES u. VON DÜRING 1977; MEYER u. NEURAND 1987; LUDEWIG 1997 d), die nach SØRENSEN und PRASAD (1973) sowie

KREBS (1992) auf eine apokrine Sekretion hindeuten. Nach der Entleerung des Sekrets ist ein stark abgeflachtes (BARGMANN 1977 b) oder isoprismatisches Epithel (KREBS 1992) vorhanden.

Einige Untersucher unterscheiden zwei unterschiedliche Typen von Drüsenepithelzellen (KUROSUMI et al. 1963; MEYER et al. 1978 a; KÜNZEL 1990), die Mehrzahl der Autoren jedoch nicht (u. a. SØRENSEN u. PRASAD 1973; COTTON et al. 1975 a, b; LUDEWIG et al. 1996).

Das Drüsenepithel wird von einer diskontinuierlichen Schicht spindel- bis stabförmiger kontraktiler Myoepithelzellen (Korbzellen) umgriffen (HURLEY u. SHELLEY 1954; MARGOLENA 1962; TALUKDAR et al. 1970; KÖPF-MAIER u. MERKER 1989; LEONHARDT 1990 b; LUDEWIG et al. 1996). Diese Zellen ruhen ihrerseits auf einer gut ausgebildeten Basalmembran (SØRENSEN u. PRASAD 1973) und sind ultrastrukturell glatte Muskelzellen (HURLEY u. SHELLEY 1954). Für den Menschen betont WELSCH (1997), daß die Zellen für die Drüsenart nicht spezifisch sind. MEYER et al. (1996) untersuchten die Aufhebung ihrer kontraktiven Eigenschaft durch produziertes Stickstoffmonoxid in Phasen aktiver Sekretbildung, was zur Erweiterung der Endstücke und damit zur Erhöhung der Speicherkapazität der Drüse führt.

Der apokrine Sekretionsmodus (BELL u. EVANS 1957; BLIGH 1961; MARGOLENA 1962; KOZLOWSKI u. CALHOUN 1969; TALUKDAR et al. 1970; TALUKDAR et al. 1972 b; SØRENSEN u. PRASAD 1973; MEYER et al. 1978 a, b; KREBS 1992) wird durch MONTAGNA und PARAKKAL (1974), ELDER et al. (1977) sowie KÖPF-MEIER und MERKER (1989) in Frage gestellt. Er gilt auch für den Menschen (MUNGER 1965). MONTAGNA et al. (1992) sehen nach entsprechenden Untersuchungen beim Menschen sogar alle Mechanismen exokriner glandulärer Sekretion beteiligt, von mero- bis holokrin. WHEATHER et al. (1987 a) favorisieren eine merokrine Sekretion und halten die schon erwähnten kuppelförmigen Vorwölbungen lediglich für Fixierungsprodukte.

Nach GERISCH (1977) erfolgt eine kontinuierliche Sekretproduktion mit einer anschließend meist passiven Abgabe auf die Hautoberfläche. Andere Autoren sprechen dagegen von einem aktiven Ausstoß des vorgebildeten Sekretes, z. B. HURLEY und SHELLEY (1954) nach dahingehenden Untersuchungen am Menschen. Es handelt sich um ein klares flüssiges eosinophiles Sekret (KREBS 1992).

Die sekretorischen Tubuli enden abrupt am Beginn des Ausführungsganges, was lediglich von SAR und CALHOUN (1966), BARGMANN (1977 b) sowie LUDEWIG (1997 c, 1998 c) erwähnt wird. Der relativ enge Ausführungsgang nimmt mehrere Drüsenschläuche auf und ist mit einem zwei- bis dreischichtigen isoprismatischen Epithel austapeziert, das peripher nicht von Myoepithelzellen umgeben wird (ANDRES u. VON DÜRING 1977; KUROSUMI 1977). LEONHARDT (1990 b) hebt die hohe morphologische Ähnlichkeit mit den Ausführungsgängen ekkriner Schweißdrüsen hervor. Ferner untersuchten MONTGOMERY et al. (1982 b) u. a. bei Schaf und Ziege die Epithelzellen des Ausführungsganges auf ultrastruktureller Ebene.

MONTGOMERY et al. (1982 a) unterteilen den Verlauf des Ganges in einen intrafollikulären und intradermalen Abschnitt, wobei in letzterem zudem eine Übergangszone, ein Gangkörper und eine perifollikuläre Zone unterschieden werden. Laut GOLDSBERRY und CALHOUN (1959) führt der Gang zwischen den Lobuli der Talgdrüse auf derjenigen Seite des Haarfollikels hindurch, auf der sich der M. arrector pili befindet.

Der Mündungsort des Ausführungsganges wird in der Literatur unterschiedlich angegeben. Nach Auffassung von TALUKDAR et al. (1970), MONTAGNA und PARAKKAL (1974), BARG-

MANN (1977 b), MEYER et al. (1978 a), KÜHNEL (1985) sowie KÜNZEL (1990) mündet er in den Haarkanal und zwar oberhalb der Talgdrüse (MONTAGNA et al. 1992). Andere Autoren sehen seine Mündung höher gelegen nahe der Hautoberfläche oder mittels einer Pore auf die Hautoberfläche in der Nähe des Haares (FINDLAY u. YANG 1951; EVANS et al. 1957). Von MONTAGNA (1963) sowie MONTGOMERY et al. (1982 b) werden auch beide Möglichkeiten nebeneinander in Betracht gezogen.

Nach JENKINSON und BLACKBURN (1968 b) sind die Drüsen bei Hund und Katze von einem Netz aus Nervenfasern umspinnen. Jede Drüse enthält mehrere Nervenfasern (KOTYK et al. 1996), die zusammen mit den Drüsenschläuchen verlaufen, sie umfassen (KENNEDY et al. 1994) und an der basalen Fläche der Myoepithelzellen enden (TAKAGI u. TAGAWA 1959). BELL und EVANS (1956) beobachten keine efferente sympathische Nervenversorgung.

Die apokrinen Schlauchdrüsen werden nur bei wenigen großen domestizierten Säugetierspezies, so auch beim Pferd, als Schweißdrüsen bezeichnet (TSUKISE u. MEYER 1987). Nach EVANS et al. (1957) und JUNKELMANN (1976) kann das schaumige Sekret bis zu 98 % aus Wasser bestehen.

Indem das beim Pferd alkalische (KÜNZEL 1990) visköse Sekret Zytoplasmateile der Drüsenepithelzellen enthält, dient es möglicherweise zur Markierung des Territoriums mit Individualgeruch (MEYER et al. 1978 b; MEYER 1991; LIEBICH et al. 1999), der innerartlichen Kommunikation (STRAUSS u. EBLING 1970; MONTAGNA u. PARAKKAL 1974; MYKYTOWYCZ u. GOODRICH 1974; ALBONE 1977; MORRIS 1994) oder als Pflegesubstanz für Haut und Haare (MEYER et al. 1978 c). In diesem Zusammenhang erinnern NEURAND und MEYER (1987) an die Bedeutung der Haut als Ausscheidungsorgan von Lipidsubstanzen, Duftstoffen und Salzen. Nach Auffassung von ANDRES und VON DÜRING (1977) wird auf diese Weise der Individual- und Rassegeruch beim Tier bzw. nach MONTAGNA (1963) bei Primaten, einschließlich beim Menschen, erzeugt. Beim Schaf dienen diese Drüsen nicht der Thermoregulation oder nur sehr gering (BLIGH 1961). Ebenso schätzen WHEATHER et al. (1987 a) deren biologische Bedeutung beim Menschen als unbekannt ein, während MORRIS (1968) sie andererseits eindeutig für ein Mittel bei der Partnersuche hält.

2.1.3. Hypodermis

Die Ausbildung der Hypodermis (Unterhaut, Tela subcutanea, Subkutis) ist sowohl tierartlich als auch lokal verschieden. Im histologischen Schnitt findet man ein lockeres Bindegewebe vor, das von verschiedenen starken straffen kollagenfasrigen Retinacula cutis durchzogen wird (KÜNZEL 1990). In dem weiträumigen Kammerwerk kollagener Fasern, das von elastischen Fasern unterstützt wird, sind dichtgepackte Fettläppchen eingelagert (BARGMANN 1977 b). KÜNZEL (1990) charakterisiert sie als eine bindegewebige Verschiebeschicht und beschreibt sie beim Pferd als im allgemeinen dünn und relativ straff. Beim Pferd unterscheidet MEYER (1998) ein Str. adiposum hypodermidis, das reichlich Fettzellen enthält, von einem Str. fibrosum hypodermidis, das Hautmuskulatur sowie zahlreiche Kollagenfaserbündel beherbergt und so die Haut mit der angrenzenden Faszie oder dem Periost verbindet.

Für Schaf und Rind finden sich in der Fachliteratur lediglich dahingehend Angaben, daß die Hypodermis verhältnismäßig spärlich und großfaserig entwickelt ist, jedoch kein ausgesprochenes Str. adiposum ausbildet (GOLDSBERRY u. CALHOUN 1959; KOZLOWSKI u. CALHOUN 1969).

BELLMAN und ODEN (1957) vermuten, daß die Lymphgefäße in diesem Bereich mit denen

kommunizieren, die unter der Körperfaszie liegen. Bei kleinen Labortieren befindet sich im subkutanen Bindegewebe eine beachtliche Menge Gewebsflüssigkeit, die mit dem Lymphgefäßsystem in Verbindung steht (BERENS VON RAUTENFELD et al. 1987).

2.1.4. Blutgefäßsystem

Angaben zur Vaskularisation der Haut sind für das Schaf ausführlich in den Untersuchungen von DUNN (1946) sowie RYDER (1955 a, b) enthalten, jedoch speziell für das Pferd ist darüber laut MEYER (1998) „wenig bekannt“. In der Literaturstudie von HACKLÄNDER (1972) stehen die Tierarten Schaf, Rind, Pferd, Schwein und Hund im Fokus des Interesses.

Das Blutgefäßsystem der äußeren Haut, speziell des Rindes, gliedert sich in drei Abschnitte, in Anlehnung an LOEFFLER (1966):

- subepitheliales Kapillarnetz,
- oberflächliches kutanes sekundäres Netz,
- tiefes fasziales subkutanes Gefäßnetz (Rete arteriosum dermalis profundum und Plexus venosus dermalis profundus).

Die zahlreichen Kapillaren in den Papillarkörpern sowie im Str. superficiale bilden das dichte subepidermale Netz, das auch zur Ernährung der gefäßlosen Epidermis dient. Nach Auffassung mehrerer Autoren (KISCH 1957; HEIMBERGER 1964; OTTAVIANI u. AZZALI 1965; KUBIK 1988) werden die Blutkapillaren der Haut allseitig von einem feinen Lymphspalt (Halo, Perikapillarraum) ringförmig umgeben.

Tiefer, nahe der Grenze zum Str. profundum dermidis, sind die Gefäße (hauptsächlich Arteriolen und Venolen) zum sekundären Gefäßnetz (Rete arteriosum dermidis und Plexus venosus dermidis) zusammengefaßt, das die subepidermalen Kapillaren sowie Talgdrüsen und Haarbalgmuskeln versorgt.

Am Übergang der Dermis zur Hypodermis kann man einen arteriellen Plexus (Rete arteriosum dermalis profundum) beobachten (TALUKDAR et al. 1972 b), aus dem diejenigen Blutgefäße hervorgehen, die zu Schlauchdrüsen, Haarzwiebeln und Fettgewebsläppchen ziehen (FINDLAY u. YANG 1948; MICHEL 1992), wobei die Blutgefäße größtenteils in den Läppchenwänden der Fettkammern verlaufen (BARGMANN 1977 a).

Speziell für die Haut des Pferdes heben TALUKDAR et al. (1972 a, b), LUDEWIG (1998 b) und MEYER (1998) hervor, daß spezialisierte arteriovenöse Anastomosen auffällig seien und daß das vaskuläre Bett große Bedeutung für die Wärmeregulation habe.

2.1.5. Lymphgefäßsystem

Das Lymphgefäßsystem untergliedert sich in mehrere Abschnitte (KUBIK 1988), wie in Abbildung 3 dargestellt. Ein oberflächliches zweidimensionales Netz ist im Str. superficiale sowie ein tieferes dreidimensionales im Str. profundum dermidis ausgebildet, das aus Präkollektoren besteht (KUPRIANOV 1969; HAMPL u. JELINEK 1971; ANDRES u. VON DÜRING 1977; KUBIK 1988, 1993; LUBACH et al. 1991 a). LEAK (1970) betont beim Menschen die Einheitlichkeit des dermalen Lymphplexus.

Initiale Lymphkapillaren beginnen blind und ordnen sich zu einer subpapillären Lage an. Sie ragen mit Schleifen bis in die Papillen hinein. In Form hexagonaler Muster stehen die Kapillaren untereinander in enger Verbindung (BRUNNER 1969; LEAK 1970; CASTENHOLZ 1984 a, b).

Die abgeplatteten kleinen Endothelzellen (RIENITS 1960; RYAN 1989) haben z. T. vorragende Kerne (LUBACH et al. 1991 b) und bilden einen zusammenhängenden Belag (RUSZNYAK et al. 1969).

Ihr enges bis ampullenartig erweitertes Lumen (SHDANOW 1962; BRUNNER 1969; RYAN 1989; ZHANG et al. 1996) gibt KUBIK (1988) mit einem Durchmesser von 10-30 µm an. Es kommen nach KUPRIANOV (1969), DAROCZY (1984), KAPPERT (1989), MONTAGNA et al. (1992), IKOMI und SCHMID-SCHÖNBEIN (1995) sowie RYAN (1995) zweizipflige Klappen vor, die einen Reflux verhindern. Hingegen findet KUBIK (1988) im Kapillarnetz keine Klappen ausgebildet. Den intralymphatischen Klappen stehen sogenannte Stomata auf dem Niveau der interendothelialen Verbindungen in der Wand der Lymphgefäße gegenüber (KRAUS 1959; IKOMI u. SCHMID-SCHÖNBEIN 1995).

Als die kleinste lymphatische Einheit sehen hingegen KLANKE et al. (1987) sowie BERENS VON RAUTENFELD et al. (1987) den unter der Epidermis liegenden Sinus lymphatici initiales an und unterscheiden weiterhin ein Vas lymphaticum initiale.

Die dermalen lymphatischen Kapillaren werden eng mit elastischen Fasern (MORTIMER et al. 1983; NERLICH u. SCHLEICHER 1991) in Form eines spezifischen Netz-

werkes umgeben (PFLEGER 1964; RYAN 1989; ZHANG et al. 1996), dessen Funktion bisher unbekannt ist (LUBACH u. SHILAJEWA 1993). Nach GERLI (1989) sind die Fasern überwiegend längsorientiert ausgerichtet, KELLNER (1966 b) findet sie dagegen in der Regel senkrecht nach unten, in Richtung Hypodermis, ziehend vor.

An den Endothelzellen setzen zahlreiche Ankerfilamente (Kollagen-Typ IV) an, die damit die Verbindung zum umgebenden Bindegewebe herstellen (LEAK 1972; CASLEY-SMITH et al. 1974; DAROCZY 1984; BOUCHER et al. 1985; LEAK 1987; LUBACH u. SHILAJEWA 1993). Außerdem wird entweder nur eine diskontinuierliche (LEAK u. BURKE 1966; BOUCHER et al. 1985) dünne Basalmembran gebildet (CASLEY-SMITH 1983; DAROCZY 1984) oder sie fehlt völlig (KAPPERT 1989; LUBACH et al. 1991 b), und es treten statt dessen dann zahlreiche feine Filamente auf (LEAK u. BURKE 1968). Perizyten sind nach HUTH und BERNHARDT (1977), DAROCZY (1984), LUBACH et al. (1991 b) sowie NERLICH und SCHLEICHER (1991) nicht vorhanden.

Das Lumen der oberflächlichen *Präkollektoren* ist oft kollabiert. Deren Netz ist weitmaschig und befindet sich auf Höhe der Haarwurzeln und Schweißdrüsen (BRUNNER 1969; ANDRES u. VON DÜRING 1977). Sie weisen eine Auskleidung mit stark abgeflachten Endothelzellen auf, die häufig Klappen bilden (BRUNNER 1969; KUBIK 1980). Weiterhin existiert eine diskontinuierliche Basalmembran (LEAK 1970).

Präkollektoren stellen die Verbindung zu den tiefer gelegenen Lymphgefäßen her (LEAK 1970), drainieren die Lymphe bestimmter rundlicher Kapillarbezirke, die als Areale bezeichnet werden

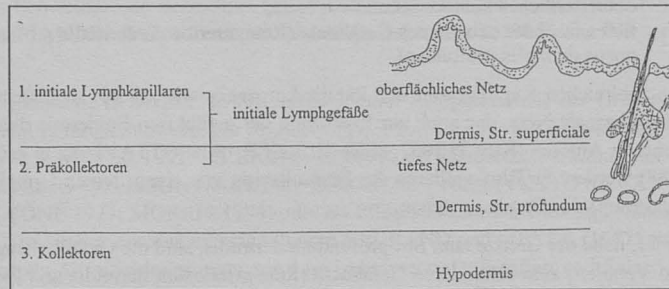


Abb. 3: Schematische Darstellung der Abschnitte des Lymphsystems der äußeren Haut.

(KUBIK 1980) und schützen die Kapillarschicht vor retrograder Füllung (KUBIK 1988).

Die subkutan liegenden *Lymphsammelgefäße* (Kollektoren) haben größere Ausmaße (BELLMAN u. ODEN 1957), verlaufen in Septen des Bindegewebes (BRUNNER 1969) und besitzen infolge des Gehaltes an glatten Muskelzellen eine Peristaltik (u. a. IKOMI u. SCHMID-SCHÖNBEIN 1995). Periphere lymphatische Sammelgefäße (GNEPP 1976) sowie mittlere Gefäße (HUTH u. BERNHARD 1977) sind mit Klappen bikuspidaler Natur ausgestattet.

Verlauf, Dichte und Verteilung der Lymphgefäße erfolgen abhängig von der Körperregion (KELLNER 1966 b; RUSZNYAK et al. 1969) und korrelieren nach BELLMAN und ODEN (1957) mit der Hautdicke. Im Vergleich zu den Blutgefäßen ist eine geringere Netzdichte bei den lymphatischen Gefäßen zu konstatieren (IKOMI u. SCHMID-SCHÖNBEIN 1995), wobei diese wiederum bei den tieferen Lymphgefäßen am niedrigsten ist (BELLMAN u. ODEN 1957).

Die Zusammensetzung der Lymphe, der Verlauf der Lymphgefäße sowie der Lymphfluß in der Milchdrüse sind beim Schaf (LINZELL 1960; LASCELLES u. MORRIS 1961; HALL et al. 1965; LEE u. LASCELLES 1969; HEATH u. KERLIN 1986) und beim Rind (EL HAGRI 1945 b; ZIEGLER 1959; BÄRISWYL 1960; PEETERS et al. 1963; LASCELLES et al. 1964; LINDNER u. GUDAT 1967; GOREWIT et al. 1993) intensiv untersucht worden.

Aufgrund des Vorkommens glatter Muskelzellen (HALL et al. 1965) bzw. von Aktinfilamenten in der Gefäßwand großer Lymphgefäße berichten mehrere Autoren bei verschiedenen Tierarten und beim Menschen von rhythmischen Kontraktionen (FLOREY 1926; WEBB u. STARZL 1953; HEATH u. KERLIN 1986; IKOMI u. SCHMID-SCHÖNBEIN 1995). Kontraktionsfähigkeit spricht DAROCZY (1984) auch initialen Lymphkapillaren zu, während dies andere Untersucher (IKOMI u. SCHMID-SCHÖNBEIN 1995) ausdrücklich verneinen. Für den Antrieb der Lymphe durch das lymphatische System besitzt diese Eigenschaft große Bedeutung und stellt nach CAMPBELL und HEATH (1973) beim Schaf den Hauptfaktor des Lymphflusses dar.

Die Lymphgefäße der Haut transportieren schnell und über lange Distanzen (HAUCK 1985) Materialien, die die Haut penetriert haben, einschließlich injizierter Vakzine, Arzneimittel oder Produkte entzündlicher Prozesse (HUTH u. BERNHARDT 1977; HAUCK 1985; JONES 1985; RYAN 1989; IKOMI u. SCHMID-SCHÖNBEIN 1995). Sie regulieren ferner den Gewebedruck (HAUCK 1985; MONTAGNA et al. 1992) und steuern das Anschwellen der Grundsubstanz (RYAN 1995). Weiterhin entfernen sie aus dem Interstitialraum einen sich dort ständig bildenden Überschuss an Proteinen sowie Flüssigkeit und reinigen das Interstitium von Entzündungszellen, Bakterien usw. (CASLEY-SMITH 1983; SCHMID-SCHÖNBEIN 1990). Nicht zuletzt verlassen LANGERHANS-Zellen auf diesem Wege, wie bereits erwähnt, die äußeren Hautschichten (SILBERBERG-SINAKIN u. THORBECKE 1980; BUCANAN et al. 1992).

Die z. T. sehr starken Lymphgefäße der Haut des Euters münden im allgemeinen in den Ln. inguinalis superficialis derselben Seite. Bisweilen verlaufen zwei bis drei Gefäße mit Klappen nebeneinander und anastomosieren (BAUM 1912).

ZHANG et al. (1993) schätzen nach ihren Untersuchungen ein, daß die Lymphdrainage noch immer nicht vollständig geklärt ist und keine überzeugenden bildlichen Dokumente vorliegen.

Ultrastrukturelle Untersuchungen an Lymphgefäßen verschiedener Organe existieren von RIENITS (1960), LEAK (1970), HUTH und BERNHARD (1977), LUBACH et al. (1990) sowie ZHANG et al. (1993, 1996).

2.1.6. Innervation

Bezüglich der Nervenversorgung der äußeren Haut, die der Milchdrüse eingeschlossen, unterscheidet man sensible Hautnerven und sympathische Nerven (BOURLOND 1976; KENSHALO 1979; FRITSCH 1994).

Die sensiblen Hautnerven für die Sinnesperzeption entstammen zunächst größeren markhaltigen Nervenfaserbündeln (sensibler Nervenast), die sich in der Subkutis in kleinere Bündel aufspalten und im Str. profundum dermidis einen tiefen Plexus bilden. Verbindungsäste ziehen vertikal zu einem zweiten, dem oberflächlichen Plexus im Str. superficiae. Beide Geflechte entsenden Nervenfasern zu sensorischen Endorganen, die entweder als freie Nervenendigungen (intra- und subepidermal) oder in Form spezifischer Endkörperchen vorkommen.

Zusammen mit den sensiblen Ästen treten autonome

Nervenfasern ein und ziehen entlang der Gefäße. Es handelt sich ausschließlich um postganglionäre sympathische Fasern, die die glatte Muskulatur (adrenerge Fasern), Gefäße und Schläuchdrüsen (cholinerge Fasern) versorgen. Zusätzlich werden M. arrector pili, Gefäße und Schläuchdrüsen von feinen Nervenfasern umspinnen, die nach Freisetzung ihres Inhaltes (meist Peptide) lokale Wirkungen erzielen. Nach BOTCHKAREV et al. (1997) kommunizieren Nervenfasern und Mastzellen über enge Kontakte. NAFSTAD (1972) dokumentiert „tight membrane junctions“ zwischen den Zellen des Str. basale und SCHWANN-Zellen der Hautnerven.

Bezüglich der in Rede stehenden Tierarten wird an dieser Stelle auf einige spezielle Untersuchungen verwiesen, die in Tabelle 1 aufgeführt sind.

Tab. 1: Spezielle Untersuchungen zu den Nerven der Haut.

Tierart	Autor(en)	Jahr
Rind	SCHALLER	1956
	SCHNEIDER u. MICHEL	1975
	AMAKIRI et al.	1978
	MICHEL	1994
Pferd	BELL u. EVANS	1956
	BELL u. EVANS	1957
	TAKAGI u. TAGAWA	1961
	JENKINSON u. BLACKBURN	1968 a
	BELL u. MONTAGNA	1972
	COTTON u. VAN HASSELT	1972
	BOWKER et al.	1993
	KOTYK et al.	1996
	MEYER	1998
Schaf	LYNE u. HOLLIS	1968
	MOLYNEUX	1977
	KIRK u. KITCHELL	1988
	REES et al.	1994

wie MICHEL (1994) stellen beim Rind fest, daß die gesamte Euterhaut, im Gegensatz zur Zitze, schwach innerviert ist und Nervenfaserbündel und einzelne Nervenfasern zwei Plexus ausbilden, einen oberflächlichen und einen tiefen. AMAKIRI et al. (1978) beobachten viele Nervenfasern sowohl in der unbehaarten und als auch in der behaarten Haut. Die Autoren schätzen ein, daß Nervenendigungen und intraepidermale Endigungen nicht eindeutig zu identifizieren sind.

Beim Pferd werden nach BELL und MONTAGNA (1972) Schläuchdrüsen von Nerven umgeben, die nur auf Acetylcholinesterase reaktiv sind. KOTYK et al. (1996) stellen fest, daß entgegen der vermeintlich fehlenden nervalen Innervation der Schläuchdrüsen eine direkte Innervation durch Nervenfasern erfolgt, die auf verschiedene Peptide reagieren. BOWKER et al. (1993) weisen zwei unterschiedliche Typen sensorischer Rezeptoren nach. Primärhaarfollikel haben ein palisadenförmiges Nervenengeflecht, das auch den M. arrector pili innerviert (MEYER 1998).

Studien der Haut des Schafes von LYNE und HOLLIS (1968) ergeben, daß sowohl das dermale Netz als auch das Netz um den Haarfollikel Cholinesterase enthält. Dieselben Autoren demonstrieren zudem intraepidermale Nerven. Nach REES et al. (1994) beginnt ab dem 75. Trächtigt-

keitstag die Innervation der Haut des Fetus, laufen Nervenfasern an Gefäßen entlang und ab dem 100. Trächtigkeitstag die Haarfollikel versorgt werden.

Beim Menschen liegen Nervenfasern und SCHWANN-Zellen angehäuft um den Ausführungsgang der Duftdrüse auf dem Zwischenkamm in der Verbindungszone zwischen Epidermis und Dermis (YAMADA et al. 1996).

2.2. Milchdrüse

2.2.1. Milchdrüse des Rindes

Zur makroskopischen Anatomie der Milchdrüse (Gl. mammaria) des Rindes liegt eine Reihe

Tab. 2: Einige grundlegende Darstellungen zur makroskopischen Anatomie der Milchdrüse des Rindes.

Gegenstand, Thema	Autor(en)	Jahr
Faszienvverhältnisse, Aufhängeapparat	ELLENBERGER u. BAUM	1943 b
	WEBER	1977
Milchgänge	MAINZER	1939
	ZIEGLER	1941
	MOSIMANN	1949
	WEBER et al.	1955
	BLACKBURN	1956
	MICHEL	1979 b
	KIELWEIN	1985
Vaskularisation	ZIETSCHMANN	1917
	GLÄTTLI	1924
	EL HAGRI	1945 a
	KOCH	1956
	LINZELL u. RASMUSSEN	1972
	KJARSGAARD	1974
	WEBER	1977
	KOCH u. BERG	1993
Innervation	NIGGLI-STOKAR	1961
	FLIEGER et al.	1979
Innervation der Euterhaut	SCHNEIDER u. MICHEL	1975
Fettkörper	ZIEGLER	1959
Lymphgefäße	BAUM	1912; 1927
	ZIETSCHMANN	1917
	EL HAGRI	1945 b
	TURNER	1952
	ZIEGLER	1959
	BÄRISWYL	1960
	ZIEGLER u. MOSIMANN	1960
	HAMPL	1968
Lympe	LINDNER u. GUDAT	1967
	KOTTMANN et al.	1970
	GOREWIT et al.	1993
Lymphknoten	BAUM	1927
	ZIEGLER	1959
	HAMPL	1965 a, b; 1967

grundlegender Untersuchungen vor (Tabelle 2).

Das Euter ist aus 4 Mammarkomplexen (Drüsenkörper) mit je einer Zitze aufgebaut. Die fein behaarte äußere Haut überzieht den Milchdrüsenkörper. STÜNZI (1973) betont aufgrund fehlender Verbindungen untereinander die weitgehende Selbstständigkeit der Viertel.

2.2.1.1. Drüsengewebe

Das Drüsengewebe wird durch bindegewebige Septen in Drüsenlappen (Lobi glandulae mammariae) unterteilt, wobei der Volumenanteil des inter- bzw. intralobulären Interstitialgerüsts in den einzelnen Vierteln des Rindereuters häufig unterschiedlich ausgebildet ist (SCHMALSTIEG 1956). Weiterhin werden durch Septa interlobularia die Milchdrüsenläppchen (Lobuli glandulae mammariae) von den Lappen abgetrennt (KIELWEIN 1985; SMOLLIICH 1992). Diese Septen beherbergen vornehmlich Blutkapillaren sowie elastische und kollagene Fasern. Das Drüsengewebe wird funktionell in die Alveole (Alveolus glandulae), den Ductus lactifer und in den Sinus lactifer unterteilt (LIEBICH et al. 1999). Generell zeigt das Organ ein differenziertes morphologisches Bild in Beziehung zum Stadium der Laktationsperiode (MICHEL 1981).

Erkenntnisse über die räumliche Anordnung der Drüsenalveolen gehen ursprünglich auf Rekonstruktionen mit Hilfe von Wachsplatten von ZIEGLER und MOSIMANN (1960) zurück. Danach sitzen Alveolen den terminalen Ausführungsgängen als Endalveolen auf und ordnen sich außerdem entlang eines Milchganges perlschnurartig an, wobei alle Bläschen eines Läppchens zu-

sammenhängen und ein Läppchen aus bis zu 120 Alveolen bestehen kann (KIELWEIN 1985). Es handelt sich um tubuloalveoläre Einzeldrüsen, deren Lumengröße gelegentlich zu einer Einteilung in Gruppen herangezogen wird und vom Laktationsstadium abhängt (SCHMALSTIEG 1958; UHRIN 1981). Die Größe einer Drüsenalveole bewegt sich um 100 µm (SMOLLIICH 1992). Ihre inkonstante Form resultiert daraus, daß sie sich dem eigenen oder dem Füllungsstand der Nachbaralveole anpaßt (ZIEGLER u. MOSIMANN 1960). Die Wand einer Alveole setzt sich - von innen nach außen - aus Alveolarepithelzellen, Myoepithelzellen und der Membrana propria zusammen, der peripher das interalveoläre Bindegewebe folgt (u. a. MICHEL 1979 a).

Die *Alveolarepithelzellen* (Laktozyten) bilden als fester einschichtiger Zellverband die Innenauskleidung der Alveole. Während einige Autoren dabei lediglich von einem Zelltyp ausgehen (u. a. MOSIMANN u. KOHLER 1990; LUDEWIG 1996 a), unterscheiden andere helle und dunkle Zelltypen (FELDMANN 1961; REID u. CHANDLER 1973; MICHEL 1979 a; SINOWATZ et al. 1980; KHURUSTALEVA 1984).

In den milchsezernierenden Laktozyten sind die Zellorganellen in einem ausgewogenen Verhältnis vertreten (MOSIMANN u. KOHLER 1990). Manche Autoren betonen einen stark vergrößerten Syntheseapparat, bestehend aus rauhem Endoplasmatischen Retikulum, Golgi-Apparat und zahlreichen Mitochondrien (REID u. CHANDLER 1973; MICHEL 1994; LUDEWIG 1996 a) sowie anderen Strukturen, z. B. umhüllten Vesikeln (BOMMELI 1972). Während der Laktation sind in der supranukleären Region dieser Kuppelzellen reichlich sekretorische Vesikel vorhanden (KEENAN u. DYLEWSKI 1985; MICHEL 1994). Im apikalen und paranukleären Zytoplasma liegen zahlreiche Mikrotubuli (BOMMELI 1972; MICHEL 1994), die nach NICKERSON et al. (1982) mit Golgi-Komplexen assoziiert und senkrecht zur apikalen Zellmembran ausgerichtet sind. Nach BOMMELI (1972) fallen diese Tubuli in der juvenilen Milchdrüse besonders auf, verlaufen meist in Strängen und nahe der Mitochondrien, des GA sowie der Pinozytosevesikel.

An den Laktozyten läßt sich eine ausgeprägte funktionsbezogene Morphokinese beobachten, so daß das Zustandsbild der Zelle jeweils einem Äquivalentbild einer bestimmten Sekretionsphase entspricht. In der Phase der Sekretbereitung ragen die apikalen Abschnitte kuppelförmig in das Alveolarlumen vor (SMOLLIICH 1992), während die Phase der Sekretextrusion durch niedrige abgeflachte Epithelzellen mit ungleich großem Zellkern und undeutlichen Zellgrenzen gekennzeichnet ist (KRÖLLING u. GRAU 1960; MICHEL 1994).

KOCH (1956) sowie KEENAN et al. (1970) heben hervor, daß alle aktiven Zellen einer Alveole bezüglich ihrer Sekretion gemäß dem Alles-oder-Nichts-Gesetz synchronisiert sind, daß jedoch auch in der laktierenden Milchdrüse 10-20 % der Alveolen inaktiv bleiben und oft unmittelbar an aktive Alveolen angrenzen. Nach REID und CHANDLER (1973) scheinen 10-15 % der Zellen inaktiv zu sein und Glykogen zu speichern. NICKERSON et al. (1982) ermitteln in der nicht-sezernierenden Zelle nur wenige Mikrotubuli.

ROCK und WOOD (1959) gehen von einer kontinuierlichen intrazellulären Synthese an Eiweißen (Kasein-Kalzium-Komplex, Lactalbumine, Lactoglobulin), Milchlaktose (hauptsächlich Triglyzeriden) und Laktose aus. Während des Sekrettransportes kommt es zu lebhaften Zytoplasmabewegungen.

Als apikale Zytoplasmadifferenzierungen werden unregelmäßig vorkommende Mikrovilli (REID u. CHANDLER 1973) oder Zilien (NICKERSON 1989) genannt. Zur Verbindung mit der Basalmembran sind Halbdesmosomen (MICHEL 1994) und mit den Nachbarzellen extrazelluläre tight junctions (REID u. CHANDLER 1973; NEVILLE u. PEAKER 1981) ausgebildet. Nach EHRENBRAND (1962, 1964), KINURA (1969), BOMMELI (1972), MORALES und PELOZO

(1978), MICHEL (1979 a, 1994) sowie LUDEWIG (1996 a) ist eine basale Faltung der Zellmembran erkennbar, unterbleibt indessen an den Abschnitten, wo die Alveolarepithelzelle durch eine Myoepithelzelle von der Basalmembran getrennt wird.

Unmittelbar an der Basalmembran liegen spindelförmige *Myoepithelzellen* (Korbzellen), die zur Verbindung mit der Membran zahlreiche Hemidesmosomen ausbilden (BOMMELI 1972; MICHEL 1979 a; LUDEWIG 1996 a) sowie zur Alveolarepithelzelle Desmosomen (BOMMELI 1972). Für ihr Zytoplasma sind Aktin- und Myosinfilamente charakteristisch (MOSIMANN u. KOHLER 1990), im basalen Zellabschnitt häufen sich Pinozytosevesikel (BOMMELI 1972; LUDEWIG 1996 a). Mit sternförmig verzweigten Zytoplasmafortsätzen umfassen diese Zellen die Alveole korbartig, nach NAGATO et al. (1980) werden ca. 24 % der Oberfläche der Alveole damit überdeckt. Dabei verbinden sich die Zellen untereinander (KRÖLLING u. GRAU 1960; BOMMELI 1972), ohne daß jedoch ein echtes Synzytium entsteht (LINZELL 1952).

Die *Basallamina* besitzt nach BOMMELI (1972) eine Stärke von 40-65 nm bzw. von 50-60 nm nach SMOLLIICH (1992). Sie wird durch Einlagerung von Retikulinfasern, kollagenen sowie elastischen Fasern zu der als *Membrana propria* bezeichneten charakteristischen Hülle um die Alveole (MICHEL 1979 a). Auf der bindegewebigen Seite strahlen Kollagenfilamente ein, so daß eine innige Verankerung mit dem interalveolären Bindegewebe erreicht wird (ZIEGLER u. MOSIMANN 1960; BOMMELI 1972). Infolge der Kontraktion der Myoepithelzellen kommt es zur Faltenbildung an der Membran (MICHEL 1994). BOMMELI (1972) vermutet, daß die Basalmembran Bedeutung bei der selektiven Stoffaufnahme besitzt sowie aufgrund ihres Verhaltens während der myoepithelialen Kontraktion statische Funktionen ausübt.

Das *interalveoläre Bindegewebe* ist als *Membrana propria* den Wandbestandteilen der Drüsenalveole zugeordnet und bindet gleichzeitig die Alveolen in die Einheit der Drüsenläppchen ein (MICHEL 1992). Es verfügt im Unterschied zu den übrigen Abschnitten des Stützgewebes nur über wenige elastische Fasern (PRUSTY 1958), die sich gemeinsam mit Bündeln glatter Muskelzellen zu einem elastisch-muskulösen System zusammenschließen (MICHEL 1979 b). BOMMELI (1972) und MICHEL (1979 a) unterstreichen, daß die reichlich vorhandenen Blutkapillaren nie direkt der Basalmembran anliegen, sondern einen Mindestabstand von 1 µm einhalten und für einen intensiven Stoffaustausch sorgen (MICHEL 1994). Die kapillären Netze umgeben basketballförmig jede Alveole (PROSSER et al. 1996). Mit Hinweis auf zelluläre Abwehrprozesse hebt MIELKE (1994) das Vorkommen einzelner Lymphozyten, Makro- und Mikrophenen sowie Plasmazellen hervor. STERBA et al. (1990 b) geben zudem noch Mastzellen an, nach HOLM (1937) treten ferner Nervenfasern auf.

Die *Milchgänge* (Ductus lactifer) stellen nach MAINZER (1939) ein Kanalwerk dar, das gewunden verläuft und sich bemerkenswerterweise aus abwechselnd engen Abschnitten und, scharf abgesetzt, solchen mit sinusartigen Erweiterungen zusammensetzen (WIRZ 1913; RUBELI 1915; KRÖLLING u. GRAU 1960; ZIEGLER u. MOSIMANN 1960; MICHEL 1979 b; LUDEWIG 1997 b). Im Zusammenhang mit der räumlichen Anordnung der Milchgänge macht ZIEGLER (1941) Wandfalten für das Verengen der Kanäle verantwortlich. MOSIMANN und KOHLER (1990) finden kräftige Stränge glatter Muskulatur in den vorspringenden Schleimhautfalten der großen Milchgänge und der Drüsenzisterne. Größere Lakunen entstehen nach SUAREZ und MORUJO (1982) durch das Zusammenfließen von Alveolen. In der Milchdrüse wird nach Auffassung von MOSIMANN (1949) das Prinzip der großemäßigen Aufeinanderfolge nicht eingehalten, ebensowenig wie eine konsequente Verzweigungsmethode im interlobulären Gangsystem (WEBER 1977). Dem widersprechen z. T. SUAREZ und MORUJO (1982). Den Autoren zufolge verlaufen die Milchgänge im allgemeinen geradlinig und verzweigen sich in

regelmäßigen Abständen.

Abhängig vom Laktationsstadium unterliegt das Gangepithel deutlichen Veränderungen (HEALD 1974; MICHEL 1994). Auch MOSIMANN und KOHLER (1990) vertreten diese Ansicht und stellen fest, daß bei maximaler Laktation ein einschichtiges sezernierendes Epithel auftritt, das bei nachlassender Laktation von der Drüsenzisterne ausgehend durch ein zweischichtiges nicht-sezernierendes Epithel substituiert werden soll. Andere Autoren (WEBER 1977; MICHEL 1981) ziehen diesen Schluß nicht. Nach BROOKER (1983) sind die nicht-sekretorischen Zellen fähig, Milchfett bzw. nach STERBA et al. (1990 a) aufgenommene Partikel zu verdauen.

Die kleinen Milchgänge (Ductus alveolares lactifer, Milchkapillaren) liegen intralobulär und dienen der Verbindung der Drüsenalveolen untereinander. Sie besitzen ein einschichtiges sekretionsfähiges iso- bis hochprismatisches Epithel, das dem der Alveolen ähnelt (WEBER 1977) bzw. entspricht (MICHEL 1979 b, 1981).

Die zu beobachtenden kuppelartigen Vorwölbungen des apikalen Zytoplasmas in die Alveolenlichtung hinein sprechen neben einer deutlichen Enzymaktivität und einem reichlichen Gehalt an RNA für die Sekretionsfähigkeit der Zellen (MICHEL 1979 b), was aber nach RICHTER (1928) generell nur für voll sezernierende Zellen gilt, d. h., lediglich für 20 % der Laktozyten.

Die mittelgroßen (Ductus lactiferi) und großen Milchgänge (Ductus lactiferi colligentes) kleidet ein zweischichtiges Epithel aus (MAINZER 1939; MICHEL 1979 b; STERBA 1982; LUDEWIG 1996 a). Zellorganellen sind in den polymorphen kleinen Basalzellen nur gering ausgeprägt, wobei jedoch basal zahlreiche mikropinozytotische Vesikel auffällig sind (MICHEL u. STERBA 1985; MICHEL u. SCHULZ 1987). Der Zellkern nimmt den größten Teil der Zelle ein (MICHEL u. STERBA 1985). Der Verbindung mit der Basalmembran dienen Halbdemosomen, mit den Nachbarzellen Desmosomen (MICHEL u. SCHULZ 1987; MICHEL 1993 a). Das lockere und unregelmäßige Arrangement der Zellen zieht weite Interzellularräume nach sich, in die Zytoplasmafortsätze hineinragen (MICHEL u. STERBA 1985). STERBA (1982) vermutet eine geringe Stoffwechselaktivität der Zellen und glaubt, daß sie die Regeneration der apikalen Schicht bewirken.

Die iso- bis hochprismatischen Zellen der superfiziellen Lage (MICHEL u. STERBA 1985) tragen auf ihrer lumenseitigen Oberfläche Zytoplasmaprotrusionen (SMOLLIICH 1992; LUDEWIG 1996 a) und sind untereinander durch laterale Haftkomplexe (apikal über Zonula occludens, basal über Desmosomen) verbunden, wobei oftmals das Plasmalemm fingerförmige Verzahnungen (Interdigitationen) aufweist (MICHEL u. STERBA 1985; MICHEL u. SCHULZ 1987). Die reiche Organellenausstattung dieser Zellen läßt auf eine hohe Stoffwechselaktivität (MICHEL u. STERBA 1985) und Permeationsprozesse schließen (MICHEL 1994). Das Epithel der großen Milchgänge setzt sich gemäß STERBA (1982) ohne wesentliche ultrastrukturelle Unterschiede im Drüsenteil der Zisterne fort. Nach LINZELL und PEAKER (1971 a, b) sind die Wände des Hohlraumsystems für Laktose sowie Kalium-, Natrium- und Chloridionen impermeabel.

Nach MOSIMANN und KOHLER (1990) sind sämtliche Milchgänge außen von einem lockeren Netz aus Myoepithelzellen umgeben, die langgestreckt erscheinen und eine zusammenhängende Schicht ausbilden, was indessen von MICHEL (1979 b) negiert wird. Laut WEBER (1977) fügen sich spiralig angeordnete elastische Fasern zu einem peripheren Netzwerk.

Die *Membrana propria* der großen und mittelgroßen Milchgänge besteht aus dichtem Bindegewebe mit zahlreichen kollagenen und elastischen Fasern, die sich zusammen mit glatten Muskelzellen zu einem elastisch-muskulösen System formieren (MICHEL 1994). Angaben zu myoepithelialen Zellen sind in der Literatur teilweise widersprüchlich. Nach HELLMEN und

ISAKSSON (1997) bilden die Zellen um die interlobulären Milchgängen lediglich diskontinuierliche Zellreihen aus, laut MOSIMANN und KOHLER (1990) ist eine geschlossene Lage vorhanden.

In Richtung der FÜRSTENBERG-Rosette nimmt die Zellzahl in der Wand zu (MIELKE 1994). Intra- und subepithelial trifft man Plasmazellanhäufungen an (NICKERSON et al. 1984), nach STERBA (1986) besonders bei akuten Mastitiden.

Im Drüsengewebe der Milchdrüse stellen sich mit verschiedenen lichtmikroskopischen Techniken keine Nervenfasern dar (SCHNEIDER u. MICHEL 1975; MICHEL 1976, 1994).

ZIEGLER und MOSIMANN (1960) heben das Euter als ein Organ hervor, das wie kein anderes zahlreiche und gut ausgebildete Lymphgefäße besitzt. LASCELLES et al. (1964) sprechen von „ganz besonderen Verhältnissen der Lymphsekretion“ in der bovinen Milchdrüse, wobei die Rolle des Euterlymphsystems bei der Eutergesundheit und der Abwehr laut Einschätzung von MIELKE und FÜRLI (1989) bisher nur unzureichend und lückenhaft erforscht ist.

Es werden im mammären Lymphsystem subkutane Gefäße, Gefäße des Drüsengewebes, Gefäße der Zitze (BAUM 1912) und - weniger häufig - Gefäße des Fettkörpers unterschieden (ELLENBERGER 1906; TURNER 1952; ZIEGLER 1959; ZIEGLER u. MOSIMANN 1960). Nach ELLENBERGER (1906), BAUM (1912), TURNER (1952), ZIEGLER (1959) sowie ZIEGLER und MOSIMANN (1960) kommen im laktierenden Euter zwei bis drei Lymphstämme vor, die in Parenchymlymphgefäße einmünden. Im Drüsengewebe treten aus den oberflächlichen Partien Gefäße hervor, die sich zu den Hautlymphgefäßen gesellen. Dagegen verlaufen die tiefer gelegenen lange im Milchdrüsengewebe (BAUM 1912). EL HAGRI (1945 b) registriert bei 23 % der Kühe afferente Lymphbahnen, die kreuzweise zum kontralateralen intramammären Lymphknoten ziehen, dem HAMPL (1965 b) große immunologische Bedeutung zumißt.

2.2.1.1.1. Blut-Milch-Schranke

Die selektive Barriere zwischen Blut und Milch wird als Blut-Milch-Schranke bezeichnet und gliedert sich in folgende Bestandteile (MICHEL 1994; LUDEWIG 1996 b):

- Wand der Alveole bzw. Epithel der Teile des Hohlraumsystems,
- intralobuläres Bindegewebe,
- Wand der Blutkapillare (Endothel).

Als Distanz zwischen dem Kapillarendothel und der basalen Zellmembran der Alveolarepithelzelle werden ca. 2,3 µm angegeben (LUDEWIG 1996 b). Die Blut-Milch-Schranke kontrolliert in der gesunden Milchdrüse den Austausch und Übertritt von gelösten Stoffen, Zellen und Partikeln. Nach BURVENICH et al. (1988) wird die Schranke, da ein parazellulärer Weg nur beim Wiederkäuer beschrieben ist, vornehmlich transzellulär überwunden. PEAKER (1975) sieht nur für Natrium-, Kalium- und Kalziumionen transzelluläre - nicht aber parazelluläre - Transportmöglichkeiten, was sich mit Aussagen von SCHULZ et al. (1998) deckt, die die tight junctions zwischen den Epithelzellen des Hohlraumsystems zudem auch für Laktose für unpassierbar halten. Die Transportprodukte können nach SCHULZ et al. (1992) unter Umständen im Hinblick auf ihre Zusammensetzung, Form und physikalischen Eigenschaften tiefgreifende Veränderungen erfahren.

Aufgrund von vorhandenen Schlußleisten, Zonula occludentes (tight junctions) und Desmosomen wird der feste Verband der Alveolarepithelzellen hervorgehoben, der den Durchtritt von Blutzellen (BURVENICH et al. 1988; MOSIMANN u. KOHLER 1990; MICHEL 1994) und das

parazelluläre Durchsickern von Blut-Serum-Komponenten in die Milch bzw. den Durchgang von Milchkomponenten ins Blut (NEVILLE u. PEAKER 1981) unterbindet.

Die tight junctions der Haftkomplexe der Alveolarepithelzellen stellen nach MOSIMANN und KOHLER (1990) eine zuverlässige Schranke dar, die den Wiederausgleich der durch aktive Transportvorgänge erreichten Ionenverschiebung verhindert (bis auf gewisse Ausnahmen, z. B. am Ende der Gravidität oder bei Euterinfektionen), also den Austritt von Natrium- und Chloridionen in die Milch sowie den Rückfluß von Kaliumionen und Laktose aus der Milch in die Interzellularflüssigkeit. ROCK und WOOD (1959) meinen, daß Natrium- und Chloridionen unter Umgehung der Alveolarepithelzelle das Lumen erreichen und dort das Sekret verdünnen. Aus dem Verhalten der Ionen in der Milch leiten MIELKE (1975), KITCHEN et al. (1980), MIELKE et al. (1991) und BRAMLEY (1992) Rückschlüsse auf gestörte Austausch- und Sekretionsprozesse im Bereich der Blut-Euter-Schranke ab und beurteilt HARNISCH (1993) die Integrität der Barriere. STÜNZI (1973) setzt sich mit der Therapie bei Mastitiden auseinander und weist nach, daß die Einrichtung u. a. den Durchtritt von Antibiotika erschwert.

Eine große Anzahl an Untersuchungen beschäftigt sich mit dem prozentualen Anteil der verschiedenen Milchzellen. MIELKE (1994) hebt die verstärkte Exsudation von Leukozyten nach intensiver Irritation hervor. SCHULZ-PETZOLD (1960) macht deutlich, daß bei Mastitiden die Zellen des Milchsekretes nicht nur aus dem Blut sondern auch aus dem Eutergewebe selbst stammen. Im Falle einer subklinischen Mastitis (SISSOKO 1983), während der Trockenstehzeit (HARNISCH 1993) oder im peripartalen Zeitraum (SCHULZ et al. 1998) kommt es zur Lockerung der Schranke. Als Kriterium für die Beurteilung der Passierbarkeit der Barriere, gleichbedeutend der Integrität der tight junctions zwischen angrenzenden Alveolarepithelzellen (STELWAGEN et al. 1994), sehen SCHULZ et al. (1998) den Gehalt des Harns an Laktose.

2.2.1.1.2. Involution

Die Involution setzt ab der Mitte der Laktationsperiode ein und schreitet nicht in allen Drüsengewebsbereichen gleichmäßig fort (MOSIMANN 1969). Nach MICHEL (1981) geht der Prozeß von der Umgebung großer Milchgänge aus, während MOSIMANN (1949) insbesondere nahe der großen Gänge noch voll laktierende Läppchen beobachtet.

MOSIMANN (1969) trennt eine restitutive (nach der ersten Laktation) von der bindegewebigen Involution, die nach weiteren Laktationen zum bindegewebigen Ersatz des Drüsengewebes führt. Ausgehend von physiologischen Gesichtspunkten unterteilt MIELKE (1994) die Trockenstehphase in die Stauungsphase (1.-2. Tag), die Phase der Rückresorption (3. Tag bis dritte Woche), die Ruhephase sowie die Phase der Sekretakkumulation.

Die Mehrzahl der Untersucher folgt SMITH und TODHUNTER (1982), die von:

- der Phase der aktiven Involution (vom Absetzen bis zum 30. Tag),
- der steady state-Phase (Ruhephase) und
- der Phase der Kolostro- und Laktogenese (ab 20. Tag a. p.)

ausgehen.

Phase der aktiven Involution

Lichtmikroskopisch ist feststellbar, daß Anzahl und Größe der Alveolen abnehmen. Infolgedessen steigt der relative Anteil des Interstitiums zunehmend (MOSIMANN 1949; MICHEL 1981; DAGLIOGLU 1986; HOLST et al. 1987; SORDILLO u. NICKERSON 1988; MICHEL u. HEINZ 1991). Nach Beobachtungen von MICHEL und HEINZ (1991) liegen in einem Läppchen häufig verschiedene Rückbildungsformen nebeneinander.

Neben einer Abflachung der Alveolarepithelzelle kommt es synchron zur Volumenreduzierung des Zellkerns, der eine unregelmäßige Form und Inzisuren aufweist (HEINZ u. MICHEL 1991). In den ersten 24 Stunden tritt außerdem eine rasche Verkleinerung und Veränderung der Zellorganellen ein, die an der Milchsynthese beteiligt sind, hauptsächlich des GA und des rER (SORDILLO u. NICKERSON 1988; HURLEY 1989; HEINZ u. MICHEL 1991). Die Laktozyten erfahren eine Funktionsänderung (HURLEY 1989) und verlieren fortschreitend an sekretorischer Aktivität (MOSIMANN 1969).

Im Zytoplasma fallen kleine und große Vakuolen und im apikalen Bereich lysosomale Strukturen auf (HOLST et al. 1987; HURLEY 1989; HEINZ u. MICHEL 1991). Die Zahl der Mitochondrien nimmt ab und ihre Matrix lockert auf (HEINZ u. MICHEL 1991).

Es ist eine starke Infiltration des Epithels mit Fremdzellen, insbesondere durch Makrophagen zu verzeichnen (HEINZ u. MICHEL 1991; MICHEL u. HEINZ 1991). Die Myoepithelzellen bleiben weitgehend unverändert erhalten (MICHEL u. HEINZ 1991).

Die Zellzahl im Interstitium, hauptsächlich an Lymphozyten und Histiozyten, nimmt zu (HERR 1960; MOSIMANN 1969; MICHEL 1981; HOLST et al. 1987). Makrophagen und neutrophile Granulozyten dienen nach SORDILLO und NICKERSON (1988) dazu, Milchbestandteile und Zelldebris zu beseitigen.

HOLST et al. (1987) finden zwischen dem 21. und 30. Tag der Involution die beiden bereits erwähnten epithelialen hellen und dunklen Alveolarepithelzellen.

steady state-Phase

Die Drüsenzellen sind klein und bilden kaum noch Alveolen aus (MICHEL u. HEINZ 1991). Die Anzahl der Zellorganellen geht zurück (HEINZ u. MICHEL 1991).

In der 3. und 4. Woche reduziert sich die Anzahl der Mikrotubuli deutlich, die zudem auch keine spezielle Orientierung mehr zeigen (NICKERSON et al. 1982). Trotzdem fahren die Alveolarepithelzellen laut HURLEY (1989) fort, Produkte zu bilden und metabolisch aktiv zu sein.

Phase der Kolostro- und Laktogenese

Da sich die Alveolen sowohl in der Involution befinden als auch in der Neubildung begriffen sind, bietet das Drüsengewebe ein heterogenes Bild mit fehlenden, sekretfreien oder sekretgefüllten Lumina (MICHEL u. HEINZ 1991). Während lysosomale Strukturen nicht vorkommen, treten wieder das basale Faltensystem sowie Vakuolen auf (MICHEL u. HEINZ 1991).

2.2.1.1.3. Corpus amylaceum

Bei den Corpora amylacea (Milchsteinchen) handelt es sich um kugelige (TRAUTMANN u. FIEBIGER 1949; NICKERSON et al. 1985; NICKERSON 1987), konzentrisch geschichtete (TRAUTMANN u. FIEBIGER 1949; MOSIMANN u. KOHLER 1990) oder manchmal fragmentierte (ARNOLD u. WEBER 1977) Körperchen. Sie besitzen allgemein eine variable Farbfinität (KUIKEN et al. 1956; REID 1972), wobei sie sich zentral meist weniger intensiv anfärben (ARNOLD u. WEBER 1977).

Elektronenmikroskopische Untersuchungen ergeben eine fibrilläre (NICKERSON 1987) oder tubuläre (REID 1972) bzw. lamelläre Ultrastruktur der 8-10 nm dicken Materie (NICKERSON et al. 1985).

Während die Mehrzahl der Milchsteinchen im Lumen von Alveolen (OTTOLENGHI 1901; TRAUTMANN u. FIEBIGER 1949; KUIKEN et al. 1956; ARNOLD u. WEBER 1977; NICKERSON et al. 1985; DAGLIOGLU 1986; SORDILLO u. NICKERSON 1986; NICKERSON 1987; LUDEWIG 1998 a) beobachtet wird, kommen diese Bildungen auch im Lumen einiger Milchgänge (KUIKEN et al. 1956; REID 1972), im Alveolarepithel (NICKERSON et al. 1985; LUDEWIG 1998 a) oder frei im Bindegewebe (OTTOLENGHI 1901; REID 1972; NICKERSON et al. 1985) vor. Aufgrund ihrer Beobachtungen vermuten ZIMMERMAN (1909) sowie ARNOLD und WEBER (1977), daß die Milchsteinchen passiv das Interstitium erreichen.

Sie treten meist in der Einzahl, seltener zu zweit (M'FADYEAN 1930) oder in Gruppen bis zu drei Körperchen (KUIKEN et al. 1956) auf. Nach SORDILLO und NICKERSON (1986) steigt ihre Größe im Verlaufe einer Laktationsperiode progressiv an.

Wie aus der Tabelle 3 ersichtlich, herrschen in der Literatur geteilte Meinungen über das Vorkommen der Corpora amylacea in Abhängigkeit vom Laktationsstadium, so daß ihr bevorzugtes zeitliches Vorkommen strittig ist. Während die frühe Laktation fast einhellig nicht in Betracht kommt (u. a. REID 1972), schwankt man zwischen spätem Laktationsstadium (PATTISON 1952; ARNOLD u. WEBER 1977; SORDILLO u. NICKERSON 1988) und der späten Involution (SORDILLO u. NICKERSON 1988).

Untersuchungen zur chemischen Natur der Milchsteinchen (HADWEN u. GWATKIN 1939; KUIKEN et al. 1956) führten ebenfalls zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Tab. 3: Angaben zur Vorkommen von Corpora amylacea in Abhängigkeit vom Laktationsstadium beim Rind.

Laktationsstadium	Autor	Jahr
frühe Laktation	SORDILLO u. NICKERSON	1986
nicht in früher Laktation	REID	1972
späte Laktation	MORRILL	1938
	PATTISON	1952
	ARNOLD u. WEBER	1977
	SORDILLO u. NICKERSON	1986
	MOSIMANN u. KOHLER	1990
späte Involution	SORDILLO u. NICKERSON	1986
trockenstehend	REID	1972
in gesamter Laktation	ARNOLD u. WEBER	1977

2.2.1.2. Zitze

Die Zitze dient als Verschluß- und Abgabereinrichtung beim Saugen des Kalbes bzw. beim Melken (MICHEL 1986). Von außen nach innen werden folgende histologische Wandschichtungen an der Zitze (Papilla mammae) unterschieden:

- äußere Haut,
- Mittelschicht (Gefäßschicht),
- Epithel der Zitzenzisterne bzw. des Ductus papillaris (KAEPEL 1918; MICHEL 1993 c).

Die Zitze besitzt eine haar- und drüsenlose äußere Haut. Für die Epidermis erwähnt KAEPEL (1918) ein ein- bis dreilagiges Str. granulosum. Das Epithel ruht auf einem meist stark verzweigten Papillarkörper (MICHEL 1986), der Teil der derben Dermis ist (KAEPEL 1918).

BAUM (1912), TAGAND (1932) sowie HAMPL und JELINEK (1971) kommen nach Untersuchungen des Lymphsystems der Zitze (Abb. 4) zu dem Schluß, daß es in der Dermis aus oberflächlichen und tiefen Gefäßen (mit 250-300 µm Lumenweite) besteht, wobei die Lymphkapillaren unter dem Papillarkörper ein polygonales Netz mit typischen lakunenartigen Erweiterungen

und keulenförmigen blind endenden Fortsätzen bilden. In der gesamten Milchdrüse wird ein oberflächliches und tiefes Netz unterschieden, wobei das oberflächliche die Wand der Zitze drainiert (WEBER 1977). Die Gefäße des tiefen Abschnittes verlaufen radiär und treten in die Mittelschicht ein (HAMPL u. JELINEK 1971). Größtenteils vereinigen sie sich mit den Hautlymphgefäßen und münden so in die Lnn. inguinales superficiales (BAUM 1912).

Ohne Vermittlung durch eine Hypodermis (KAEPPELI 1918) ist die Dermis mit der Mittelschicht verbunden, so daß die Epidermis unverschieblich auf ihrer Unterlage haftet (MICHEL 1986, 1992).

Die Mittelschicht (Gefäßschicht) hat eine bindegewebig-muskulöse Grundlage. Zahlreiche glatte Muskelfasern (MARTIN 1906, 1912) formen in dieser Zone ein netzartig verbundenes Spiralsystem, in

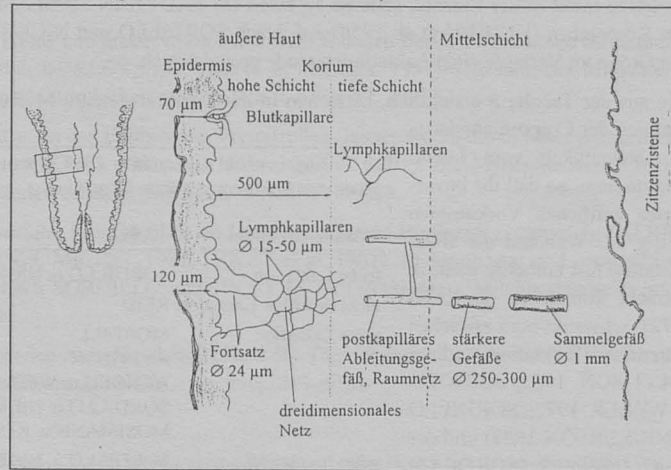


Abb. 4: Lymphsystem der Zitze, zusammenfassende Darstellung der Untersuchungen von HAMPL und JELINEK (1971).

dem die Muskelzüge unter dem Zisternenepithel zunächst in Form einer flachen Spirale verlaufen, danach steiler durch die Zitzenwand ziehen und sich schließlich unter der Epidermis verankern. Die feinen Muskelzüge werden von elastischen Fasern abgelöst (MEISSNER 1964). KAMM (1925) beobachtet elastische Fasern, die in Form von Fasernetzen das Bindegewebe penetrieren, in ihrer Häufigkeit nach proximal abnehmen sowie Muskelbündel und Gefäße umschließen. Auf diese Weise und im Zusammenspiel mit der besonders strukturierten Gefäßwand wird nach MICHEL (1973) eine Beeinträchtigung des Blutstromes während des Melkprozesses verhindert.

Von zentral nach peripher werden 4 Muskelschichten beschrieben (u. a. MARTIN 1912; KAEPPELI 1918), eine Einteilung, die ursprünglich auf CHRIST (1905) zurückgeht:

- innere Längsmuskelschicht,
- zirkuläre Schicht,
- gemischte Lage,
- periphere Schicht.

Die innere Längsmuskelschicht tritt nur selten und in kleinen Bündeln auf (KAEPPELI 1918) und verläuft unmittelbar unter dem Strichkanal (MICHEL 1973). Ein M. sphincter papillae (KAEPPELI 1918; WITZEL 1965; MICHEL 1973; LEFCOURT 1982; HARTMANN 1990) entwickelt sich aus der zirkulären Anordnung der Muskelfasern im Bereich der Zitzen Spitze (MICHEL 1986).

Als breiteste Lage überhaupt stellt die dritte muskuläre Schicht die Hauptzone der Mittelschicht dar (KAEPPELI 1918), während die periphere Schicht - aus radiären und längsverlaufenden Fasern aufgebaut - bereits der Dermis zugerechnet wird (CHRIST 1905).

In der Mittelschicht verdienen die zahlreichen starkwandigen Venen (Muskelvenen) mit Verdickung der T. media durch glatte Muskelzellen besondere Erwähnung, da sie häufig mit Klappen ausgestattet sind (KAEPPELI 1918; SMOLLICH 1992). Die Anzahl und Wandstärke der Venen nimmt im Alter zu (MICHEL 1977). Die Pars glandularis des Sinus lactifer setzt sich gegenüber der Pars papillaris durch eine Ringfalte, den FÜRSTENBERG-Venenring, ab, der weitlumige Gefäße zur Grundlage hat (ZIETSCHEMANN 1917), jedoch nach Auffassung von KAEPPELI (1918) verhältnismäßig selten klar ausgeprägt ist.

Der unregelmäßige Hohlraum der Zisterne paßt sich dem wechselnden Füllstand an (KIT 1887) und wird durch verstreichbare (Kontraktionsfalten) und permanente Falten (Strukturfalten) charakterisiert (MARTIN 1912). Er ist von einem durchgehend zweischichtigen hochprismatischen Epithel ausgekleidet, dessen aktive Epithelzellen keine spezifischen Zellorganellen enthalten (MARTIN 1906; KAEPPELI 1918; ADAMS et al. 1961; NICKERSON u. PANKEY 1983; MICHEL 1992). Weiterhin zeichnet diese Zellen ein hoher Glykogengehalt sowie das Ineinandergreifen der lateralen Zellmembranen aus (REID u. CHANDLER 1973). Am apikalen Pol sind Mikrovilli ausgebildet (COLLINS et al. 1986). Betreffs der nicht-sezernierenden Epithelzellen der Drüsen- und Zitzenzisterne konstatiert BROOKER (1983), daß sie Pseudopodien entwickeln und zur Phagozytose von MilCHFettglobuli und Kaseinmizellen befähigt sind. Nach MARTIN (1906) wird das Epithel nicht von einem Papillarkörper unterlagert.

Laut HELLMEN und ISAKSSON (1997) fehlen im Bereich der Zitzenzisterne offensichtlich sowohl myoepitheliale Zellen als auch glatte Muskelzellen. Das subepitheliale Bindegewebe ist allgemein verhältnismäßig zellarm, bis auf die FÜRSTENBERG-Rosette (KAEPPELI 1918). KOCH (1956) beschreibt einen Spiralapparat bestehend aus glatten Muskelzellen und elastischen Fasern, der sich bei auf die Zitze ausgeübtem Zug streckt und somit die Zisterne öffnet. Dagegen verweist MICHEL (1973) auf die Armut an elastischen Fasern sowie auf das völlige Fehlen glatter Muskelzellen als Indizien einer rein passiven Funktion.

Akzessorische Milchdrüsenläppchen sind beim Rind im Bereich der Milchzisterne eher selten und beschränken sich dann auf den Teil der distalen Zitzenzisterne (KIT 1887; KAEPPELI 1918; KAMM 1925; BLACKBURN 1956; MICHEL 1973, 1979 b; WEBER 1977). MARTIN (1906) deutet sie als rudimentäre Strukturen. Nach VENZKE (1940) können sie ebenfalls Milch sezernieren.

Der Übergang in den Ductus papillaris hebt sich klar in Form von 5-8 rosettenartigen Falten der inneren Wandabschnitte der FÜRSTENBERG-Rosette ab, wobei die Falten eine bindegewebige nicht-muskuläre Grundlage haben (MARTIN 1906). Sie erfüllen zwar keine mechanischen Funktionen (MICHEL u. SEFFNER 1975; NICKERSON u. PANKEY 1983), vergrößern jedoch die Oberfläche, so daß nach MICHEL und SEFFNER (1975) potentielle Erreger eventuell länger in diesem Areal verweilen. Einige Zellen unterscheiden sich in Bezug auf ihre Oberflächencharakteristik vom angrenzenden Bereich der Zisterne (COLLINS et al. 1986). In diesem Abschnitt kommt es zur subepithelialen Akkumulation von Lymphozyten, Makrophagen, neutrophilen Granulozyten und Plasmazellen (ADAMS et al. 1961, 1969; NICKERSON u. PANKEY 1983, 1984; NICKERSON 1985 c; COLLINS et al. 1986).

Die Zitze enthält den Ductus papillaris (Zitzenkanal, Strichkanal), für dessen Länge McDONALD (1968) 4-10,7 mm und APPLEMAN (1969) 11-13 mm angeben. Nach MICHEL (1994) modellieren Epithelwülste ein typisches Oberflächenrelief, so daß sich besonders beim Jungtier ein sternförmiger Lumenquerschnitt manifestiert (MANKOWSKI 1903; TOLLE 1982). Während des Übergangs von der Zitzenzisterne in den Ductus papillaris erfolgt ein scharfer Wechsel der Epithelarten (CHRIST 1905; MARTIN 1906, 1912; ZIETSCHEMANN 1917; KAEPPELI 1918;

MICHEL 1973).

Das mehrschichtige Plattenepithel des Ductus papillaris ist bedeutend dicker als das der äußeren Haut (COMURI 1972), was im wesentlichen auf ein breites Str. granulosum mit ca. 15-30 Schichten (ADAMS et al. 1961; COMURI 1972; MICHEL et al. 1974; MICHEL 1978) und auf ein mächtiges Str. corneum (0,09-0,4 mm dick) zurückzuführen ist (ADAMS et al. 1961; McDONALD 1970 b; COMURI 1972; MICHEL et al. 1974). ZIEGLER und MOSIMANN (1960) geben als Dicke für das Str. corneum 60 µm, das Str. granulosum 40 µm und das Str. spinosum 140 µm an. Die ungewöhnlich starke Verhornung des Epithels wird von MICHEL et al. (1974) als physiologische Hyperkeratose und das Str. corneum von ADAMS et al. (1961) sowie McDONALD (1970 b) speziell als Keratin bezeichnet.

Gegensätzlich zu NICKERSON und PANKEY (1983) existiert nach Auffassung der Mehrzahl der Autoren (u. a. CHANDLER et al. 1969; COMURI 1972; MICHEL et al. 1974) im Ductus papillaris kein Str. lucidum. Die oberen Zellagen des Str. spinosum und das Str. granulosum bilden unterschiedlich geformte Keratohyalin granula, deren Menge vom Sexualzyklus abhängt (COMURI 1972).

Besondere Beachtung wurde dem Str. corneum zuteil. ADAMS et al. (1961) vertreten die Ansicht, daß die oberflächlichen Lagen des Str. corneum in histochemischer Zusammensetzung dem Hauttalg ähneln, da sie hauptsächlich Phospholipide mit hohem Anteil an langkettigen Fettsäuren enthalten, so daß sie beim Rind nicht als Keratin, sondern als Laktosebum bezeichnet werden sollten, dem auch ADAMS und RICKARD (1963), TREECE et al. (1966), MICHEL (1978, 1986), HOGAN et al. (1986) sowie SCHÖTT (1993) zustimmen. Andere Autoren bleiben bei der Bezeichnung Keratin (u. a. NICKERSON u. PANKEY 1983), KIELWEIN (1985) spricht von Softkeratin. STÜNZI (1973) charakterisiert die weiße Keratinschicht als wachsartig. Nach COMALLI et al. (1984) agiert das Keratin als Stöpsel (plug). Bei Fragen des Invasionsrisikos (HAMANN 1993) und der unspezifischen Infektionsabwehr besitzt es große Bedeutung (SENFT u. NEUDECKER 1991), da es aufgrund seiner freien Fettsäuren mikrobizid (ADAMS u. RICKARD 1963; MICHEL 1978; TOLLE u. HAHN 1983) und bakteriostatisch (SENFT u. NEUDECKER 1991; SCHÖTT u. SCHULZ 1993) wirkt. HIBBITT (1970) und HARTMANN (1990) präzisieren in ihren Arbeiten die antibakterielle Wirkung des Strichkanalproteins in qualitativer bzw. quantitativer Hinsicht. Einflüsse auf die Menge des Keratins (McDONALD 1973, 1975; STÜNZI 1973; CAPUCO et al. 1994) sowie dessen Regeneration (CAPUCO et al. 1990) stehen ferner im Zentrum des Interesses.

Das Epithel des Ductus papillaris ruht auf kräftigen mündungswärts gerichteten Papillen und geht am Ostium papillare in die Epidermis über (MARTIN 1906; KAEPELI 1918; MICHEL et al. 1974). Darüber hinaus sind um den Ductus papillaris ein elastisch-muskulöses System (MEISSNER 1964) sowie feine Nervenfaserbündel (SCHNEIDER u. MICHEL 1975) angeordnet.

Weiterhin waren das Keratin (ADAMS et al. 1961; ADAMS u. RICKARD 1963; TREECE et al. 1966; McDONALD 1970 b, 1973; MILNE 1976; MICHEL 1978, 1994; HOGAN et al. 1986; BITMAN et al. 1988; MILLER et al. 1989; RÖMER 1990) sowie die mikrobielle Besiedlung des Ductus papillaris (KIRCHMANN 1928; MURPHY 1959; HIBBITT et al. 1972; DU PREEZ 1979; COMALLI et al. 1984; GUDDING et al. 1984; WILLIAMS u. MEIN 1985) bei Arbeiten anderer Untersucher Studienobjekte vornehmlich aufgrund der Mastitisproblematik.

Im Verlaufe der Involution treten dahingehend Veränderungen auf, daß das Lumen des Ductus papillaris zeitweise dilatiert, sein Epithel atrophiert (COMALLI et al. 1984) und die Anzahl sub-

epithelialer Zellen (Lymphozyten, Makrophagen, Plasmazellen), einschließlich des Gebietes der FÜRSTENBERG-Rosette, zurückgeht (NICKERSON et al. 1986).

Im Unterschied zur Euterhaut ist die Zitze des Rindes reich innerviert. Von der Basis des Drüsenkörpers aus ziehen größere markhaltige Nervenfaserbündel in die Zitzenwand und teilen sich an der Zitzenspitze auf (NIGGLI-STOKAR 1961; MICHEL 1994). Nach NIGGLI-STOKAR (1961) bilden markhaltige und marklose Fasern gemeinsam unter der Epidermis ein lockeres Fasernetz, von dem marklose Fasern zu Blutgefäßen und glatten Muskelzellen ziehen und sich zu sensiblen Endbäumchen aufzweigen.

Nach NIGGLI-STOKAR (1961) fehlen intraepidermale Nervenfasern. Das bestätigen SCHNEIDER und MICHEL (1975), die in der Haut der Zitze nur vereinzelt freie Nervenendigungen finden. MICHEL (1993 a, b; 1994) beschreibt wenige intraepitheliale sowie subepitheliale Endigungen in Form spezifischer Mechanorezeptoren, oft besonders in der Nähe großer Gefäße. In der Dermis und in der Mittelschicht liegen feine weitmaschige Fasernetze, die in Funktionsbeziehung zu glatten Muskelfasern, Haarbalgen und Haarbalgmuskeln stehen. In der Mittelschicht kommen Nervenfaserbündel um die zahlreichen Blutgefäße und markhaltigen Nervenendorgane vor (MICHEL 1993 a, b).

Weiterführende Studien beschäftigen sich mit altersabhängigen morphologischen Veränderungen (MICHEL 1977, 1986), der Vaskularisation und dem Blutfluß in der Zitzenhaut (ZIETSCHMANN 1917; JANKUS u. BAUMANN 1986), der Kontraktion des Schließmuskels (LEFCOURT 1982), histologischen Reaktionen auf eine Infektion (NICKERSON et al. 1983; NICKERSON u. PANKEY 1984, 1985; NGATIA et al. 1991), der Histochemie des Ductus papillaris-Epithels (MICHEL 1978; HOGAN et al. 1986; BITMANN et al. 1988; MILLER et al. 1989) sowie der Mikroflora auf der Zitzenhaut (WOODWARD et al. 1987), am Ostium papillare und im Ductus papillaris (KIRCHMANN 1928; HIBBITT et al. 1972; ZARKOWER u. SCHEUCHENZUBER 1977; McDONALD 1979).

2.2.2. Milchdrüse des Pferdes

2.2.2.1. Drüsengewebe

Das Euter der Stute besteht aus einem rechten und linken Drüsenkörper, der jeweils einen Mammarkomplex darstellt und mit je einer Zitze ausgestattet ist. Jeder Mammarkomplex setzt sich aus zwei, selten drei Hohlraumssystemen zusammen, die nicht miteinander kommunizieren (HABERMEHL 1996 b; ÜBERMUTH et al. 1998), jedoch geht das Drüsengewebe benachbarter Drüsenkomplexe ineinander über (BUDRAS u. RÖCK 1991; DYCE et al. 1991 a). Laut ELLENBERGER und BAUM (1974) sowie HABERMEHL (1996 b) ist die kraniale Drüsenzisterne stets etwas größer als die kaudale.

Das Euter wird von einer haarlosen bzw. fein behaarten, in der Regel stark melanisierten Haut überzogen, die mit zahlreichen Talg- und Schweißdrüsen ausgestattet ist (DOBBERSTEIN u. KOCH 1958; HABERMEHL 1996 b; DYCE et al. 1991 a; MEYER 1998). Gemäß einer Zeichnung bei BUDRAS und RÖCK (1991) besitzt die Haut eine deutlich ausgebildete Subkutis.

Ein breiter Sulcus intermammarius, den ein talgähnliches schwarzgraues Sekret bedeckt, trennt beide Euterhälften (DOBBERSTEIN u. KOCH 1958; HABERMEHL 1996 b). Diese Hautpartie wird als haarfrei, fleckig oder schwarz pigmentiert und besonders reich an Talg- und Schweißdrüsen mit sichtbaren Mündungen beschrieben (MARTIN 1912; ELLENBERGER u. BAUM 1974; ÜBERMUTH et al. 1998).

Nach DYCE et al. (1991 a) weist der Aufhängeapparat medial elastische und lateral fibröse Faszienv Verstärkungen auf, die das Euter kapselartig umfassen und Sekundärlamellen ins Drüsengewebe entsenden. Die medialen Bänder verlaufen zwischen den Euterhälften. Unter der äußeren Haut überzieht die dünne Fascia trunci superficialis den Drüsenkörper, wobei BERG (1995) über dem Drüsengewebe noch eine Schicht aus lockerem Bindegewebe sowie eine Fascia trunci profunda in der Stratigrafie des Stuteneuters erwähnt.

2.2.2.2. Zitze

Die seitlich zusammengedrückten Stutenzitzen mit abgestumpfter Spitze (KAEPEL 1918; KOCH u. BERG 1993) gehören zum Typ der Proliferationszitzen (KRÖLLING u. GRAU 1960).

Auf der allgemein schwarz pigmentierten Haut findet man sehr feine Härchen, begleitet von zahlreichen, stark geknäulten Schlauch- und großen Talgdrüsen (KAEPEL 1918; TALUKDAR et al. 1972 b; LUDEWIG 1997 d). Unter der Epidermis kommt ein hoher Papillarkörper vor, dessen Papillen sich zur Zitzenkuppe hin ausrichten (KAEPEL 1918). An jeder Zitzenspitze erscheinen in kleinen Dellen zwei, manchmal drei oder vier Strichkanalöffnungen (KAEPEL 1918; HABERMEHL 1996 b), aus denen typisch orientierte Büschel relativ starker Haare (bis zu 6 Mammarhaare und ihre Nebenhaare) ragen, kombiniert mit zwei symmetrisch gelegenen Talgdrüsen (MARTIN 1906; KAEPEL 1918; ELLENBERGER u. BAUM 1943 a, 1974).

Ohne scharfe Grenze vermischt sich laut TALUKDAR et al. (1972 b) die äußere Haut der Zitze mit der Mittelschicht, die dickwandige Gefäße ohne bedeutende muskuläre Wandelemente oder Klappen enthält (KAEPEL 1918). In der Mittelschicht kann man weiterhin reichlich glatte Muskelzellen beobachten (MARTIN 1906, 1912; ELLENBERGER u. BAUM 1974; ÜBERMUTH et al. 1998), deren Schichtung gemäß der Einteilung von CHRIST (1905) unvollständig ist. Nach KAEPEL (1918) fehlt die innere Längsmuskelschicht, und die zweite Schicht bildet keinen geschlossenen Ring, so daß der Autor, ebenso wie ÜBERMUTH et al. (1998), einen typischen M. sphincter papillae vermißt. Den Hauptanteil der Muskulatur stellt die dritte Schicht (KAEPEL 1918).

Die Oberfläche der Zisterne weist zahlreiche Längs- und Querfalten auf, die sich in Form einer deutlichen Rosette zum distalen Zisternenabschluß formieren (KAEPEL 1918). Das Epithel der Zisterne setzt sich aus einer oberflächlichen Lage sehr dicht stehender Zellen und einer tieferen Zellschicht polygonaler Zellen zusammen, doch ist die letztgenannte Schicht z. T. nur unvollständig ausgebildet (MARTIN 1906). Während MARTIN (1906) subepithelial massenhaft akzessorische Milchdrüsenalveolen beobachtet, kommen diese nach Einschätzung von KAEPEL (1918) sehr selten vor.

Das Zisternenepithel geht allmählich in das mehrschichtige Plattenepithel des Ductus papillaris über (CHRIST 1905; MARTIN 1906, 1912; KAEPEL 1918). KITT (1887) und MARTIN (1906) beschreiben die Ausbildung von drei Zitzenkanälen. Den 5-10 mm langen Ductus papillaris charakterisieren Längsfalten und eine teilweise dunkle Pigmentierung (MARTIN 1912; KAEPEL 1918; HABERMEHL 1996 b; ÜBERMUTH et al. 1998). Nach KAEPEL (1918) fehlt ein Str. granulosum und befinden sich nur wenige Papillen unter dem Epithel. Neben kräftigen Muskelzellen (MARTIN 1912) sind um den Ductus papillaris feine elastische Fasern vorhanden, die laut KAEPEL (1918) ein dicht gewebtes Netz bilden.

2.2.3. Milchdrüse des Schafes

2.2.3.1. Drüsengewebe

Die relativ kleine Milchdrüse des Schafes besteht aus nur je einem inguinal gelegenen Mammar-komplex. Ihr kompakter rundlicher Drüsenkörper (KOCH u. BERG 1993) wird in der Regel von einer bräunlichen, selten pigmentfreien Euterhaut überzogen, die mit Ausnahme der an die lateralen Oberschenkelinnenflächen angrenzenden Partien eine dichte Wollhaarbedeckung trägt (HABERMEHL 1996 a). Nach DYCE et al. (1991 b) kann der obere Teil des Schafeuters mit Vlies bedeckt sein, während der freie Teil nur gering pigmentiert und der Sinus inguinalis (Inguinaltasche) vom Sekret der Hautdrüsen verkrustet ist.

Die Alveolarepithelzelle enthält aufgrund der Synthese von Milchproteinen eine Vielzahl von Polyribosomen (GAYE et al. 1973) und auffällig zahlreiche Fetttropfen (DAGLIOGLU 1986). Ab dem 150. Trächtigkeitstag erreicht sie nach SULOCHANA und SINGH (1995) maximale Protein-, Fett- und Eisenkonzentrationen.

LEE und LASCELLES (1969) betonen das Vorkommen von Lymphkapillaren in den interalveolären Septen sowie von Lymphgefäßen im interlobulären und -lobären Bindegewebe.

Im zweilagigen laktierenden Milchgangepithel findet BROOKER (1984) zu gleichen Teilen eine sekretorische und eine inaktive Zellpopulation. Dabei zeichnet die sekretorischen Epithelzellen die gleiche Ultrastruktur wie die der Laktozyten aus. Außerdem erheben sich die Zellen über das allgemeine Epithelniveau, und die basale Zellmembran legt sich in tiefe Falten, wenn sie direkten Kontakt mit der Basallamina unterhalten. Viele nicht-sekretorischen Zellen sind mit Zilien ausgestattet. Ausdrücklich verweist der Autor auf das Vorkommen intraepithelialer Lymphozyten. Nach MICHEL (1994) entspricht dieses Epithel dem des Rindes.

Das Epithel der großen Milchgänge und das der Milchsinus sind ein Teil der Blut-Milch-Barriere (BROOKER 1984). Der verhältnismäßig enge Drüsenteil des Sinus lactifer nimmt bis zu 9 große Ductuli lactiferi auf (KOCH u. BERG 1993).

Für weiterführende Studien an der Milchdrüse des Schafes sei auf folgende Arbeiten verwiesen:

- histochemische Untersuchungen am Drüsengewebe (SULOCHANA u. SINGH 1995),
- Milchzellen (LEE u. OUTERIDGE 1976; LUDEWIG u. KOBLINZ 1998) und Corpora amylacea (LUDEWIG 1998 a),
- Differenzierung von Plasmazellen im interstitiellen Bindegewebe (SHELDRAKE u. HUSBAND 1985),
- Involution (TATARCZUCH et al. 1997),
- Innervation (LINZELL 1959),
- Blutversorgung (STOJANOWIC 1975),
- Blutfluß in Abhängigkeit vom Laktationsstadium (THOMPSON 1980),
- Lymphe und Lymphfluß (LINZELL 1960; LASCELLES u. MORRIS 1961; HEATH u. KERLIN 1986),
- Lymphknoten und -gefäße (LEE u. LASCELLES 1969).

2.2.3.2. Zitze

Die kegelförmige Zitze des Schafes setzt sich gut vom Drüsenkörper ab. In ihrer relativ dünnen Epidermis fehlt zunächst das Str. granulosum, es taucht jedoch in Richtung Zitzenspitze allmählich auf (KAEPEL 1918; KOCH u. BERG 1993).

Mit Ausnahme der Zitzenspitze ist die äußere Haut gewöhnlich dünn und mit feinen Haaren besetzt (LUDEWIG 1998 c), die sich auf Höckern einpflanzen (KAEPEL 1918). Derbe kollagene Bündel und viele elastische Fasern prägen die breit entwickelte Dermis (KAEPEL 1918; HABERMEHL 1996 a). In ihr findet man außerdem große weite Schlauch- und Talgdrüsen, wobei nach KAEPEL (1918), KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) sowie LUDEWIG (1998 c)

die Hautdrüsen ausdrücklich an das Vorkommen von Wollfollikeln gebunden sind.

Da keine Hypodermis vorhanden ist, geht die Dermis ohne scharfe Grenze (KAEPPELI 1918) in die bindegewebig-muskulöse Mittelschicht über, die zahlreiche elastische Fasern und vereinzelt Gefäße enthält (KAEPPELI 1918).

Nach Beobachtungen von KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) befindet sich außer den Mm. arrectores pilorum der Wollfollikel keine glatte Muskulatur in der Zitze. Zudem bilden die weniger kräftigen glatten Muskelzellen keinen M. sphincter (MARTIN 1906; KAEPPELI 1918; MICHEL 1994).

Eine Ringfalte (Einschnürung, Septum) trennt die Pars glandularis von der Pars papillaris des Sinus lactifer (HABERMEHL 1996 a). Die Oberfläche der engen Zitzenzisterne faltet sich stark (MARTIN 1906) und ist mit einem zweischichtigen Epithel besetzt (KAEPPELI 1918).

Die Anzahl der akzessorischen Milchdrüsenalveolen variiert beträchtlich zwischen den Individuen (LINZELL u. PEAKER 1971 a; LUDEWIG 1998 c), manchmal fehlen die Alveolen laut KAEPPELI (1918) gänzlich. Die Drüsenendstücken befinden sich meist unmittelbar unter dem Epithel und öffnen sich über einen kurzen Ausführungsgang direkt ins Lumen der Pars papillaris (MARTIN 1906; TURNER 1952; BROOKER 1984). Diese Drüsenzellen sind auf ultrastruktureller Ebene mit den Laktozyten identisch, so daß sie demzufolge typische Milchbestandteile sezernieren (BROOKER 1984).

Mit einem abrupten Wechsel geht das Epithel in den Ductus papillaris über (KAEPPELI 1918; PATTISON 1952), der als relativ lang eingeschätzt wird (KOCH u. BERG 1993; MICHEL 1994). An jeder Zitzen Spitze mündet er in Form eines breiten Trichters (KAEPPELI 1918; HABERMEHL 1996 a). Seine Öffnung wird bei der inaktiven Zitze mit Keratin gefüllt (KOZLOWSKI u. CALHOUN 1969).

Die innere Oberfläche des Ductus papillaris ist in Längsfalten gelegt und dunkel pigmentiert (HABERMEHL 1996 a). Dem mehrschichtig verhornten Plattenepithel soll nach KAEPPELI (1918) das Str. granulosum fehlen. Am Ostium papillare setzt sich das Epithel ohne Grenze kontinuierlich in die Epidermis fort (KAEPPELI 1918; KOZLOWSKI u. CALHOUN 1969; LUDEWIG 1998 c).

Die subepithelialen Papillen sind schlank und orientieren sich nach distal. Außerdem bilden auffallend viele elastische Fasern einen Ring um den Ductus papillaris (KAEPPELI 1918).

2.2.4. Milchdrüse der Ziege

2.2.4.1. Drüsengewebe

Das verhältnismäßig große Euter der Ziege (KAEPPELI 1918) besteht aus zwei konischen Drüsenkomplexen, in denen sich 6-9 große Milchgänge zur Drüsenzisterne vereinigen (SMITH u. ROGUINSKY 1977).

In der Früh-laktation (7. Tag p. p.) treten sekrethaltige Alveolen mit variablen Lichtungen auf (AUGSBURGER 1987). METTLER et al. (1984) stellen auch für diese Tierart heraus, daß sich die Alveolen in verschiedenen Sekretionsstadien befinden und daß nicht sämtliche Alveolen komplett dilatieren bzw. kollabieren.

Der Zellkern der Laktozyten kann verschiedene Formen annehmen und enthält oft ein deutlich erkennbares Kernkörperchen. Im apikalen Membranabschnitt kommen verschieden lange unre-

gelmäßig gestaltete Mikrovilli vor (AUGSBURGER 1987). Nach Studien von (AUGSBURGER 1985) trifft man Mitochondrien vom Crista-Typ an. Ein Großteil der basalen Zellmembran formt sich zu einem typisch gegliederten Faltensystem um (AUGSBURGER 1985, 1987). Über komplette oder inkomplette Verbindungskomplexe wird der interzelluläre Kontakt aufrecht erhalten (METTLER et al. 1984).

Unabhängig vom Sekretionsstadium ist der GA gut entwickelt (METTLER et al. 1984). Während im supranukleären Bereich zahlreiche kleine optisch leere Vakuolen vorhanden sind (AUGSBURGER 1987), findet man besonders basal kleine bis mittelgroße rundliche Vesikel des rER (AUGSBURGER 1987), die sich durch Fusion rasch vergrößern (METTLER et al. 1984). Auffallend sind große Zisternen des rER, die feingranuläres Material enthalten (AUGSBURGER 1985). Die laktierende Drüsenzelle charakterisieren feintropfige Lipide (BENTIVOGLIO 1986), die im Unterschied zu den Golgi-Vesikeln ohne Membranhüllung bleiben (AUGSBURGER 1987).

In der frühen Laktation ragen hochprismatische Drüsenzellen kuppelartig ins Alveolarlumen vor (AUGSBURGER 1987). METTLER et al. (1984) heben hervor, daß Laktozyten infolge veränderter Druckverhältnisse Sekunden oder Minuten nach dem Melken gravierende Formveränderungen erfahren, indem die abgeplatteten Zellen ehemals dilatierter Alveolen in den nun kollabierten Alveolen pseudo-hochprismatische bis keulenförmige Formen annehmen. Nach dem Melken verändern sich auch Größe und Arrangement der Zellorganellen, bspw. treten zahlreiche große rER-Vesikel im Zytoplasma auf, die den Vesikeln in Zellfragmenten aus der Milch ähneln.

Durch apokrine Sekretion (DULIN et al. 1983; METTLER et al. 1984) gelangen zytoplasmatische Partikel in die Milch (DULIN et al. 1983), jedoch schränken METTLER et al. (1984) ein, daß ein Teil auch durch Exozytose freigesetzt wird.

Auf ultrastruktureller Ebene untersucht AUGSBURGER (1985) zu 5 verschiedenen Zeitpunkten die z. T. erheblichen Veränderungen während der Involution. Am Tag des Absetzens enthalten viele der hochprismatischen oder kuppelartigen Drüsenzellen große Vakuolen, die optisch leer sind oder mit homogenem Inhalt gefüllt werden. Im weiteren nehmen die Drüsenendstücken an Größe ab oder kollabieren. Die Laktozyten lösen sich stellenweise von ihrer Unterlage ab. Ihr Zytoplasmagefüge lockert stark auf und zeigt eine wenig differenzierte Struktur. Das Zytoplasma wird zunehmend vakuolisiert, vornehmlich im apikalen Teil, der Zellkern schrumpft, enthält überwiegend Euchromatin und buchtet sich immer mehr ein. Es kommt weiterhin zu einer starken Dilatation der Zisternen des rER. Vom Grad der teilweise erheblichen Veränderungen hängt ab, ob die Zellen zerfallen oder bis zum 100. Tag nach dem Absetzen ein Ruhestadium durchlaufen. Das interstitielle Bindegewebe verbreitert sich zunehmend. Zudem findet eine massive Einwanderung mononukleärer Zellen (AUGSBURGER 1985) und Granulozyten aus dem Interstitium in das Alveolarepithel (GEYER et al. 1984) statt.

Die Myoepithelzellen enthalten in relativ geringer Anzahl Zellorganellen, jedoch reichlich Myofilamente (AUGSBURGER 1985). Da diese Zellen verhältnismäßig viel Platz beanspruchen, bleibt für die Alveolarepithelzellen wenig Raum für Kontakte zur Basalmembran (METTLER et al. 1984). Nach Untersuchungen von ALEKSEEV et al. (1992) steigt aufgrund myoepithelialer Kontraktionen der intramammäre Druck merklich an (auf 3,3 kPa).

Bei den intra- und interlobulären Milchgängen stellen LINZELL und PEAKER (1971 b) den sekretorischen Zellen solche gegenüber, die lediglich Anzeichen sekretorischer Aktivität zeigen, weniger rER, Mitochondrien und basale Falten besitzen.

Weiterführende Studien bei dieser Tierart betreffen die zeitlichen Phasen der Anbildung (BENTIVOGLIO 1986), die Blutversorgung (SCHANDER 1951; LINZELL u. RASMUSSEN 1972) sowie die Innervation des Euters (LINZELL 1959; LUKAS et al. 1971; LUKASOVA et al. 1971; LUKASOVA u. LUKAS 1972).

2.2.4.2. Zitze

Die äußere Haut der Zitze besitzt nach PATTISON (1952) eine Epidermis von „gewöhnlicher Struktur“, deren Dicke von Tier zu Tier variiert. Im Zytoplasma der Basalzellen treten pigmentierte Granula auf (SAR u. CALHOUN 1966).

Die Dermis ist reich an Haaren, Talg- und stark geknäulten Schlauchdrüsen (KAEPPELI 1918; LUDEWIG 1998 c) sowie an glatten Muskelzellen, die unregelmäßig verteilt unterhalb des Niveaus der Hautdrüsen liegen (SAR u. CALHOUN 1966). Außerdem beobachten SAR und CALHOUN (1966) in diesem Bereich vermehrt Nervenengeflechte. Ohne Hypodermis folgt dann die Mittelschicht (KAEPPELI 1918).

In der Mittelschicht kommt beim Jungtier reichlich glatte Muskulatur vor, die im zentralen Bereich zirkulär verläuft und sonst längsorientiert angeordnet ist (LUDEWIG 1998 c). Nach Auffassung von KAEPPELI (1918) bildet beim älteren Tier die zweite zirkuläre Schicht keinen M. sphincter papillae mehr aus, jedoch eine deutliche Ringfalte. Analog des Schafes (LUDEWIG 1998 c) enthält die Mittelschicht auch bei dieser Tierart mittelgroße hauptsächlich starkwandige und mit Klappen ausgerüstete Gefäße (KAEPPELI 1918).

Zwischen der Pars glandularis und der Pars papillaris besteht keine deutliche Abgrenzung (SMITH u. ROGUINSKY 1977). Laut PATTISON (1952) variiert die Ausdehnung der Pars papillaris beträchtlich.

Im gesamten Sinus lactifer ist ein zweischichtiger gelblicher Epithelbelag vorhanden (KAEPPELI 1918; PATTISON 1952). Seine oberflächliche Zellage kennzeichnen zylindrische Zellen mit ovalen Zellkernen. Dagegen liegen basal kleine polygonale Zellen mit runden Kernen, die sich teilweise lediglich zu einer lückenhaften und unvollständig ausgebildeten Schicht formieren (KAEPPELI 1918).

Bei der Ziege sind akzessorische Milchdrüsenalveolen zwar individuell verschieden groß (KAEPPELI 1918), doch nach Einschätzung von MARTIN (1912), HABERMEHL (1996 a) und LUDEWIG (1998 c) im allgemeinen gut entwickelt. Die Alveolen haben ein einschichtiges kubisches bis zylindrisches Epithel (KAEPPELI 1918), das keinen Unterschied zum Drüsenepithel der Milchdrüse erkennen läßt und ebenfalls Milchbestandteile sezerniert (PATTISON 1952).

Das subepitheliale Gewebe der relativ zierlichen FÜRSTENBERG-Rosette wird von Lymphozyten durchsetzt (KAEPPELI 1918). Danach schließt sich ein schroffer unvermittelter Übergang in den Ductus papillaris an (KAEPPELI 1918; PATTISON 1952), der laut HABERMEHL (1996 a) infolge seines weißen Epithels gut abgrenzbar ist.

Mit nur 5-7 mm ist ein sehr kurzer Ductus papillaris ausgebildet, dessen Lichtung in der basalen Hälfte durch Längsfalten eingeengt wird und der sich distal trichterförmig auf die Papillenspitze öffnet (KAEPPELI 1918; HABERMEHL 1996 a). Das Epithel des Zitzenkanals verhornt stark, ist mit einem breiten Str. granulosum ausgestattet und liegt auf hohen, gegen die Zitzenspitze hin gerichteten Papillen. Subepithelial fallen der Reichtum an elastischen Fasern sowie das Fehlen muskulärer Elemente auf (KAEPPELI 1918; HABERMEHL 1996 a; LUDEWIG 1998 c). Der Zitzenkanal öffnet sich distal trichterförmig an der haar- und drüsenlosen Papillenspitze (KAEPPELI 1918).

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1. Material und Methoden

3.1.1. Versuchstiere

Die Spezies, Anzahl, Alter, Rasse sowie das Laktationsstadium der untersuchten Tiere sind aus Tabelle 4 ersichtlich.

Tab. 4: Angaben zu den untersuchten Tieren.

3.1.2. Präparation für die Lichtmikroskopie	Spezies	Nr.	Alter (in Monaten)	Rasse	laktierend ja / nein
3.1.2.1. Gewebeentnahme	Rind	1	30	Schwarzbuntes Milchrind	ja
	(<i>Bos primigenius</i> f. <i>taurus</i>)	2	30	Holstein-Friesian	ja
		3	25	Schwarzbuntes Milchrind	ja
		4	35	Schwarzbuntes Milchrind	ja
3.1.2.1.1. Euterhaut		5	32	Schwarzbuntes Milchrind	ja
		6	38	Schwarzbuntes Milchrind	ja
		7	39	Schwarzbuntes Milchrind	ja
		8	35	Schwarzbuntes Milchrind	ja
Die Entnahme der Gewebeproben (Würfel von etwa 2 cm Kantenlänge) erfolgte bei jedem Tier stets unmittelbar post mortem (nach der Schlachtung bzw. nach der Euthanasie) an den in Abbildung 5 grafisch dargestellten Lokalisationen. Diese wurden als geeignet erachtet, die morphologisch unterschiedlichen Hautabschnitte des Euters zu repräsentieren. Die entnommenen Stücke reichten dabei bis ins Drüsengewebe der Milchdrüse hinein, so daß die Stratigrafie des Euters mit erfaßt werden konnte.		9	48	Schwarzbuntes Milchrind	ja
	Pferd	1	60	Warmblut	nein
	(<i>Equus przewalskii</i> f. <i>caballus</i>)	2	30	Warmblut	nein
		3	72	Warmblut	nein
3.1.2.1.2. Zitzen		4	60	Warmblut	ja (2 Tage p. p.)
		5	132	Warmblut	ja (3 Wochen)
		6	61	Warmblut	nein
		7	36	Warmblut	nein
Es wurden alle Zitzen der Versuchstiere untersucht und Auszugsserien (im Abstand von 60-70 µm) angefertigt, wobei die Hälfte der Zitzen ausgehend von der Zitzenspitze quer und die restlichen in Längsrichtung (unter Anschnitt des Ductus papillaris) geschnitten wurden.		8	192	Vollblut	nein
	Schaf	1	66	Merinolandschaf	ja
	(<i>Ovis ammon</i> f. <i>aries</i>)	2	12	Merinolandschaf	ja
		3	36	Merinolandschaf	nein
3.1.2.1.3. Drüsengewebe		4	30	Merinolandschaf	nein
		5	34	Merinolandschaf	ja
		6	48	Merinolandschaf	nein
		7	31	Merinolandschaf	ja
3.1.2.1.4. Zitzen		8	36	Merinolandschaf	ja
		9	36	Merinolandschaf	ja
Es wurden alle Zitzen der Versuchstiere untersucht und Auszugsserien (im Abstand von 60-70 µm) angefertigt, wobei die Hälfte der Zitzen ausgehend von der Zitzenspitze quer und die restlichen in Längsrichtung (unter Anschnitt des Ductus papillaris) geschnitten wurden.	Ziege	1	108	Weiß Deutsche Edelziege	nein
	(<i>Capra aegagrus</i> f. <i>hircus</i>)	2	15	Weiß Deutsche Edelziege	ja
		3	24	Weiß Deutsche Edelziege	ja, stark
		4	72	Weiß Deutsche Edelziege	nein
3.1.2.1.5. Drüsengewebe		5	36	Weiß Deutsche Edelziege	ja
		6	54	Weiß Deutsche Edelziege	nein
		7	26	Bunte Deutsche Edelziege	nein

ausgehend von der Zitzenspitze quer und die restlichen in Längsrichtung (unter Anschnitt des Ductus papillaris) geschnitten wurden.

3.1.2.1.3. Drüsengewebe

Die Entnahme der Gewebeproben des Milchdrüsengewebes erfolgte jeweils zentral aus jedem Mammarkomplex. Hinzu kamen noch jene Gewebeteile, die, wie bereits erwähnt, im Zuge der

Hautproben gewonnen wurden. Entzündlich veränderte Gewebebezirke fanden konsequent keinen Eingang in die vorliegenden Untersuchungen.

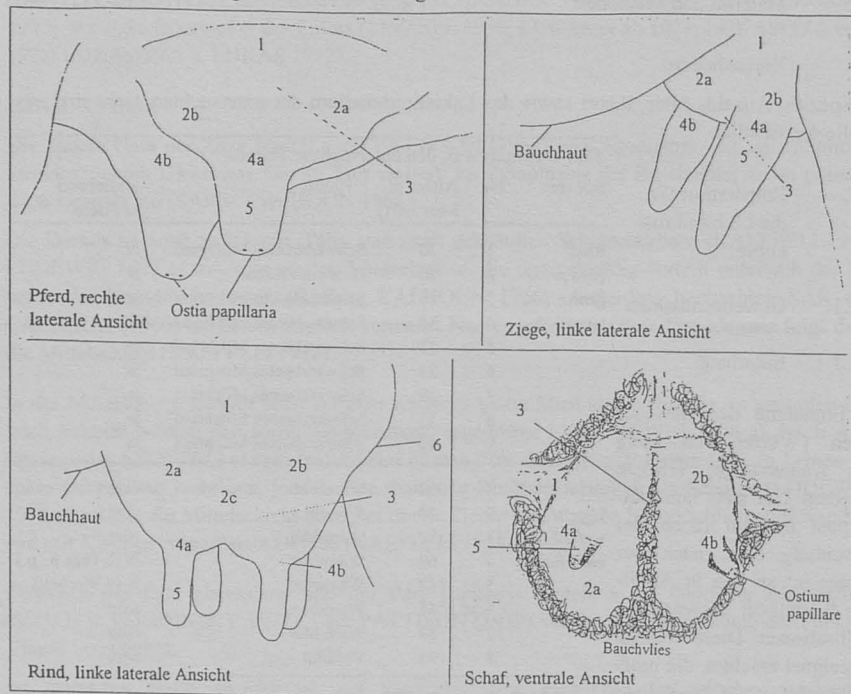


Abb. 5: Darstellung der Entnahmestellen für die Lichtmikroskopie.

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1 ... Sinus inguinalis | 4a ... Zitzenbasis, lateral |
| 2a ... Mammarkomplex, kranialer Teil bzw. Vorderviertel | 4b ... Zitzenbasis, medial |
| 2b ... Mammarkomplex, kaudaler Teil bzw. Hinterviertel | 5 ... Zitze |
| 2c ... Mammarkomplex, Mitte | 6 ... Milchspiegel |
| 3 ... Sulcus intermammaris | |

3.1.2.2. Fixierung und Einbettung

Alle Proben wurden über 6-8 Tage in 4%igem Formol-Kalzium nach BAKER, ein kleiner zusätzlicher Teil in Sublimat-Kaliumdichromat nach ZENKER (1894) fixiert.

Dem initialen Wässern und der folgenden Entwässerung über eine aufsteigende Alkoholreihe (70, 80, 90, 96, 100 %) schloß sich über 2-Propanol (Roth) und Essigsäure-n-butylester (Roth) als Intermedien die Einbettung in Histoplast (Histo-Comp®, Vogel) an. Danach wurden mit einem Schlittenmikrotom (SM 2000R, Leica) bzw. Rotationsmikrotom (RM 2155, Leica) 5-7 µm dicke Auszugsserien gefertigt.

3.1.2.3. Färbemethoden

Nach der Entparaffinierung durch Histol (Rotihistol®, Roth) wurden durchgehend folgende Färbungen ausgeführt:

- Doppelfärbung mit Hämatoxylin-Eosin,
- Einfachfärbung mit Hämatoxylin,
- Toluidinblau-Standardfärbung,

- Kernfärbung mit Kresylechtviolett,
- Azanfärbung,
- Trichrommethode nach MASSON (1929), modifiziert nach GOLDNER (1938),
- Elastikafärbung nach WEIGERT (1898).

Die Methoden wurden von SCHULZE und GRAUPNER (1960), ADAM und CZIHAK (1964), HUMASON (1972), KNOCH (1979 a, b, c) sowie ROMEIS (1989) übernommen. Nach der Entwässerung der Präparate in absolutem Alkohol schlossen sich die Aufhellung mit Histol und ihr Einschluß in Kanadabalsam (Hollborn & Söhne) an.

3.1.2.4. Fotografie

Die lichtmikroskopischen Präparate wurden an einem Axiophot (Zeiss) mit den Tageslichtfilmen 100 VX (Konika) bzw. 200 VX (Konika) fotografiert.

3.1.3. Präparation für die Elektronenmikroskopie

Dem allgemeinen Postulat, die Gewebeproben unmittelbar post mortem zu entnehmen und zu fixieren (u. a. HUMASON 1972; KNOCH 1979 a), konnte mit Ausnahme der Tiere Rind 4, Pferd 2 und 7, Schaf 1 sowie Ziege 1 entsprochen werden. Da bei diesen Tieren ein etwas längeres Zeitintervall seit ihrem Tod verstrichen war (10 Minuten bis mehrere Stunden), mußte in diesen Fällen auf ultrastrukturelle Untersuchungen verzichtet werden.

Die Gewebeproben des Drüsengewebes entstammten dem zentralen Bereich jedes Drüsenkomplexes. Hinzu kamen bei einigen ausgewählten Tieren Gewebeproben der Euterhaut, der Zitzenhaut und des Ductus papillaris.

Nach der Entnahme wurden die Gewebestücken (maximal 1-2 mm Kantenlänge) in einem Gemisch aus Glutaraldehyd (2%ig, Serva), Paraformaldehyd (4%ig) und Phosphatpuffer (0,2 M) 24 h bei 4 °C im Dunkeln vorfixiert. Danach wurde mit 1%iger Osmiumtetroxid-Lösung¹ (Fluka/Sigma) in Phosphatpuffer (0,1 M) eine Stunde fixiert und zugleich kontrastiert. Nach dem Spülen in Phosphatpuffer (0,1 M) erfolgte eine stufenweise Dehydrierung durch eine aufsteigende Ethanolreihe (Rotipuran®, Roth). Daran schloß sich die vollständige Entwässerung mit Propylenoxid (reinst, Serva) an, wobei zwischen dem 50%igem und 70%igem Alkohol eine Kontrastierung in Uranylacetat (1%ig, Serva) eingeschoben wurde.

Gemäß der vorgegebenen Arbeitsschritte des „Fluka-Protokolls für die Kunstharzeinbettung“ wurden die Proben in das Epoxidharz-Einbettmedium Durcupan ACM (Fluka) verbracht.

Nach abgeschlossener Polymerisation wurden die Blöcke getrimmt (Ultratrimm Reichert, Leica) und anschließend Semidünnschnitte (700-900 nm) am Ultracut (UCT, Leica) gefertigt, die mit Toluidinblau² gefärbt wurden.

Unter Zuhilfenahme eines Diamantmessers (Diatome) schloß sich die Herstellung von Ultradünnschnitten (45-55 nm) an, die entweder auf 300 Maschen-Trägernetze (Gittergrids, Nickel, Athene grids) oder auf befilmten Schlitzblenden (2 mm x 1 mm, Kupfer, Plano, Wetzlar) aufgenommen wurden. Die elektronenoptische Auswertung erfolgte (bei 80 kV) mit einem Transmissionselektronenmikroskop (EM 900, Zeiss). Für die elektronenmikroskopischen Bilder fanden Planfilme (Electron 4489, Kodak) Verwendung.

¹ nach CAULFIELD (1957)

² Schnellfärbung mit Toluidinblau O

3.2. Ergebnisse

3.2.1. Milchdrüse des Rindes

3.2.1.1. Euterhaut

Die Euterhaut ist behaart und zeigt in allen 5 untersuchten Regionen (Abb. 5) einheitlich den typischen dreischichtigen Aufbau aus Epidermis, Dermis und Hypodermis (Abb. 6), so daß man beim Rind verallgemeinernd von der Haut der Drüsenkörper sprechen kann.

Die Epidermis stellt ein mehrschichtiges verhornetes Plattenepithel dar, dessen Schichten sich aus unterschiedlichen Differenzierungsstufen von Keratinozyten zusammensetzen (Abb. 7). Die Epidermisdicke schwankt stark und ist stellenweise mit nur 2-3 Zellagen sehr dünn.

Das Str. basale besteht aus einer kontinuierlichen Lage hochprismatischer, z. T. auch polymorpher Zellen, die der Basallamina aufsitzen und Intermediärfilamente in dichten Bündeln enthalten (Abb. 7, 8).

Mehrere Zellagen (4-10) bilden das Str. spinosum. Seine rhombischen bis polygonalen Zellen weisen einen ovalen Zellkern mit wenig Euchromatin auf. Häufig sind mehrere Nukleoli zu sehen. Die Längsachse der Zellen des oberen Bereiches ver-



Abb. 6: Haut der Drüsenkörper, Epidermis (a), Dermis, Str. superficiale (b), Haarfollikel (c), Talgdrüse (d), M. arrector pili (e), Venole (f), Str. profundum dermidis (g), apokrine Drüse (h), Lymphgefäß (i), Hämatoxylin-Eosin, 50x.

läuft parallel zur Oberfläche. Zwischen den Zellen zeigen sich spaltförmige Interzellularräume (Abb. 8). Über feine zytoplasmatische Fortsätze nimmt die Zelle mit der Nachbarzelle desmosomalen Kontakt auf, so daß interzelluläre Brücken entstehen.

Das sich anschließende Str. granulosum umfaßt meist ein bis drei Zellagen, die diskontinuierlich auftreten. Die abgeflachten Zellen richten sich parallel zur Oberfläche aus. Im Zytoplasma werden feine basophile Keratohyalin granula synthetisiert (Abb. 8). Zum Teil sind beginnende Degenerationserscheinungen, z. B. an den Kernen in Form von Chromatinverdichtungen erkennbar. Das Str. lucidum fehlt der Epidermis (Abb. 7, 8).

Schließlich kann man häufig innerhalb des Str. corneum ein schmales Str. conjunctum von einem losgelösten Str. disjunctum unterscheiden.

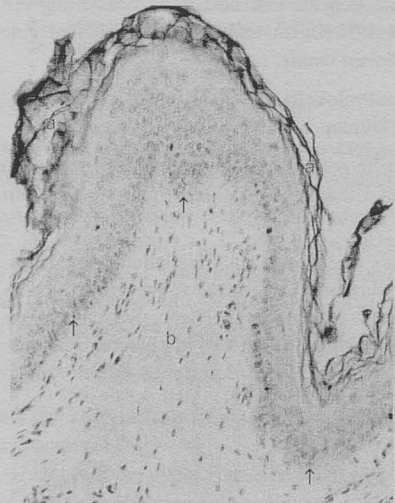


Abb. 7: Epidermis, Str. corneum (a), Str. basale (↑), Dermis (b), Kresylechtviolett, 100x.

Ersteres vereint flache kernlose Zellen zu einer kompakten zusammenhängenden Schicht, die dem Str. granulosum direkt aufsitzt. Die verhornten Zellen verbinden sich fest miteinander (Abb. 8). Das Str. disjunctum schwankt in seiner Stärke und besteht aus abgelösten, locker aufliegenden Hornlamellen (Abb. 7, 8). Diese erscheinen homogen, wobei sich jedoch die oberflächlich liegenden stärker azidophil darstellen lassen als die tieferen. Insgesamt schwankt die Stärke des Str. corneum in der Euterhaut nur gering.

Die Dermis ist gut entwickelt. In ihrem Str. superficiale ordnen sich kollagene Bindegewebsfasern maschenförmig in feinen Bündeln an (Abb. 6, 7, 13A). Nach der Hypodermis zu, im Str. profundum dermidis, werden die Faserbündel gröber und liegen lockerer beieinander (Abb. 6, 13A). Zwischen den kollagenen Fasern befindet sich ein feines Netz aus elastischen Fasern (Abb. 9).

In der Haut der Drüsenkörper kommen je nach Lokalisation markante Papillen (Abb. 6) oder auch flache (Abb. 7) vor. Sie sind durch gewundene feine Faserformationen gekennzeichnet. Unmittelbar subepithelial liegen zahlreiche Kapillaren, die in die Papillenspitze ziehen und haarnadelförmig umbiegen. Bemerkenswert ist die stellenweise relativ hohe subepidermale Zelldichte.

Die Mm. arrectores pilorum fallen aufgrund ihrer deutlichen Ausbildung auf (Abb. 6, 9, 16). Sie befinden sich überwiegend auf der Seite der Haarneigung, haben ihren Ursprung in den kollagenen Fasernetzen basal des Papillarkörpers und setzen am bindegewebigen Haarbalg unterhalb der Talgdrüsen an (Abb. 6, 11). Die glatten Muskelzellen besitzen ein gut anfärbares dichte

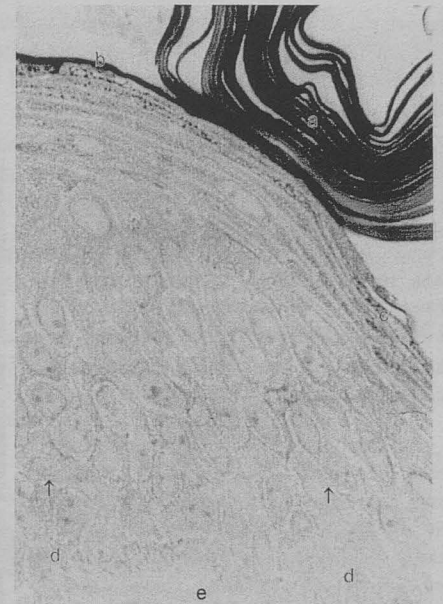


Abb. 8: Epidermis, Str. corneum aus Str. conjunctum (a) und Str. disjunctum (b), Str. granulosum (c), Str. spinosum mit Interzellularbrücken (↑), Str. basale (d), Dermis (e), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1000x.

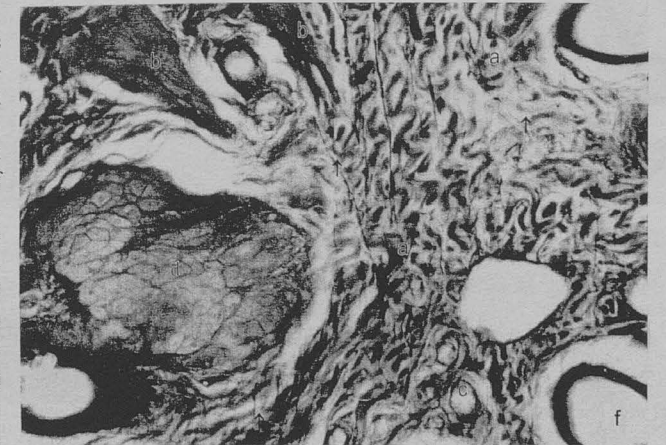


Abb. 9: Str. superficiale dermidis, feine elastische Fasern (↑), kollagene Faserbündel (a), M. arrector pili (b), Blutkapillaren (c), Talgdrüse (d), apokrines Drüsenendstück (e), Trichrom, 200x.



Abb. 10: M. arrector pili, Zellkern (a), kollagene Fasern (b), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1000x.

tes Sarkoplasma sowie einen langgestreckten spindelförmigen Zellkern (Abb. 10).

In der Dermis der bovinen Euterhaut liegen Haare, Talg- und Schweißdrüsen. Die Strukturen lassen hinsichtlich ihrer Ausbildung und Häufigkeit regional leichte Modifikationen erkennen. Ekkrine Schlauchdrüsen (Schweißdrüsen) kommen in der Haut der Milchdrüse nicht vor.

Die Haare liegen einzeln und zeigen den typischen Aufbau. Über den bindegewebigen Haarbalg werden sie in das Fasersystem der Dermis eingefügt (Abb. 6, 11).

Die Talgdrüsen bestehen aus mehreren Läppchen beiderseits des Haares (Abb. 12A, 13A) und

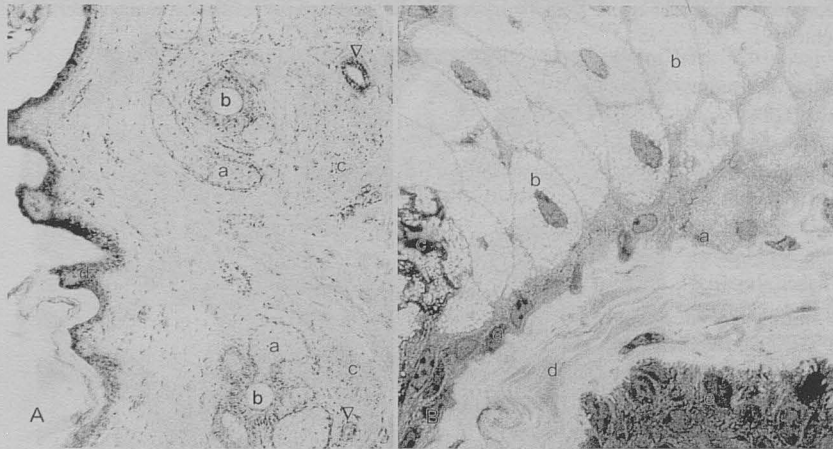


Abb. 12A: Gl. sebacea (a), Einzelhaarfollikel (b), M. arrector pili (c), Ausführungsgang einer Schlauchdrüse (V), Epidermis (d), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Abb. 12B: Periphere Lage abgeflachter Matrixzellen (a), Drüsenepithelzellen, mit zahllosen Fettvakuolen gefüllt (b), Talgzellen in Zytolyse (c), kollagene Fasern (d), epithelialer Haarbalg (e), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1000x.

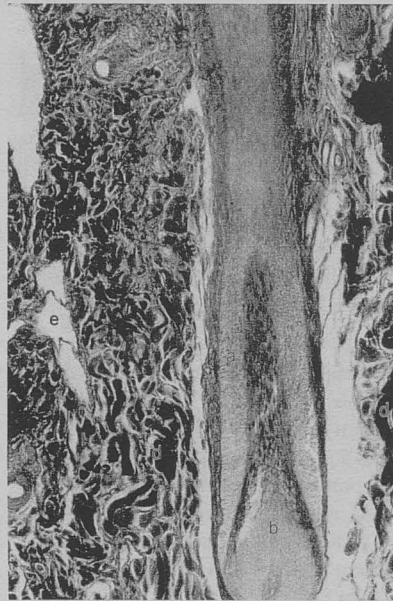


Abb. 11: Epitheliale Wurzelscheide (a), Haarpapille (b), Ansatz des M. arrector pili (c), Bündel kollagener Fasern (d), Lymphgefäß (e), Trichrom, 100x.

zeichnen sich beim Rind u. a. durch ihre Größe aus (Abb. 6, 12A). Sie sind jeweils um den mittleren Bereich des Haarfollikels herum lokalisiert und werden von einer relativ kräftigen Membrana propria begrenzt, in die verstärkt auch Bindegewebsfasern eingelagert sein können (Abb. 12B).

Das Zytoplasma der Drüsenzellen wird zunehmend völlig von Lipideinschlüssen ausgefüllt (Abb. 12B). In ihren histologischen Merkmalen entsprechen die Drüsen dem typischen holokrinen Sekretionsmodus. Teilweise läßt sich in ihrem Lumen azidophiles Sekret (Talg) nachweisen, das durch Zytolyse derjenigen Talgzellen entsteht, die zum Drüsenzentrum vorgerückt sind und dem Ausführungsgang benachbart liegen (Abb. 12B). Jedes Drüsenläppchen mündet separat über einen sehr kurzen Ausführungsgang in den Haarbalg (Abb. 6, 16).

Apokrin sezernierende Schlauchdrüsen befinden sich annähernd in gleicher Höhe mit den Haarzwiebeln, z. T. auch basal von diesen (Abb. 13A). Sie variieren in Bezug auf Form und Anzahl. Im Vergleich zu den noch zu besprechenden Tierarten besteht die Drüse aus wenigen, kaum gewunden verlaufenden, jedoch sehr weiten Azini.

Abgeflachte Zellen bilden das einschichtige Epithel der weitlumigen Endstücke (Abb. 13B,

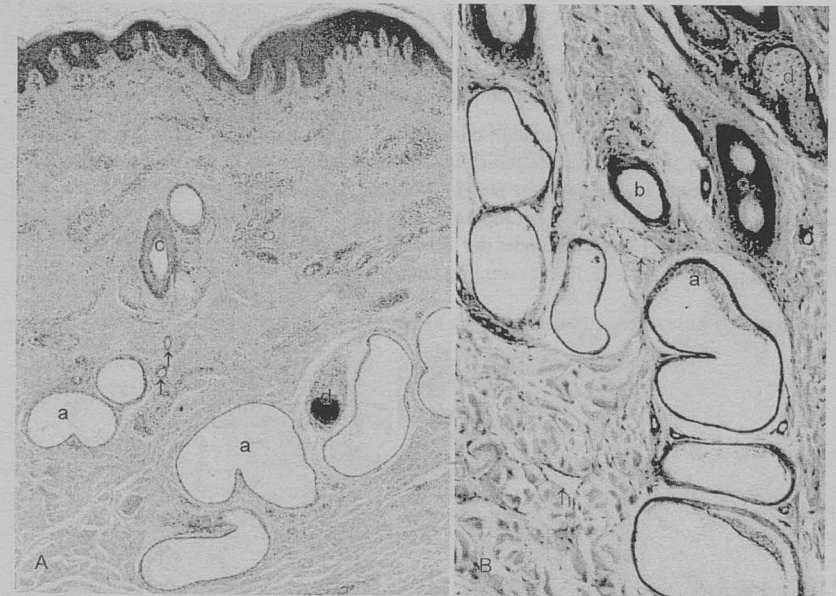


Abb. 13A: Schlauchdrüse, großlumige Endstücke (a) und kleinkalibriger Ausführungsgang (↑), Epidermis (b), Haarfollikel (c), Haarpapille (d), Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Abb. 13B: Azini, z. T. mit Sekretrest (a), Ausführungsgang (b), Haarfollikel (c), Talgdrüse (d), initiale Lymphkapillare (↑), Hämatoxylin, 200x.

14A). Die aktiven Drüsenzellen besitzen meist einen elliptischen (Abb. 15A), aber auch sehr unregelmäßig geformten Zellkern (Abb. 14B, 15B). Im Zytoplasma fallen langgestreckte Mitochondrien vom Crista-Typ (Abb. 15A) und Lipidvakuolen auf (Abb. 14A). An der luminalen Zellmembran sind häufig stummelförmige Mikrovilli vorhanden (Abb. 15A). Je nach Sekretionsphase können die Zellen apikal kuppelförmigen Vorwölbungen ausbilden, die jedoch meist nur

flach bleiben, außer wenn intrazytoplasmatische Lipidvakuolen vorkommen (Abb. 14A). Untereinander sorgen spezifische Zellkontakte für eine feste Verbindung.

Daneben kommen auch inaktive Epithelzellen mit elektronendichtem Zytoplasma vor, deren Zellkerne sehr stark eingezogen sind. Ihr Zytoplasma enthält zahlreiche Vakuolen (Abb. 15B).

Unterhalb der Drüsenzellen sind Myoepithelzellen lokalisiert, die lichtmikroskopisch wenig auffallen (Abb. 14B, 15A).

Sie werden ultrastrukturell besonders durch den unregelmäßig geformten Kern sowie durch Halbdesmomen zur Basallamina charakterisiert (Abb. 15A).

Die Azini vereinigen sich und setzen sich kontinuierlich in Form eines kleinkalibrigen Ausführungsganges fort, den ein zwei- bis dreischichtiges Epithel auskleidet. In den Abbildungen 12A, 13A und 13B ist dieser im Flachschnitt und in Abbildung 16 im Längsschnitt zwischen zwei Talgdrüsenläppchen sichtbar. Er passiert die Talgdrüse auf der Seite, auf der der M. arrector pili liegt. Bei der Mehrzahl der Drüsen mündet der Ausführungsgang oberhalb der Gl. sebacea in den Haarbalg, sehr nahe der Hautoberfläche, weniger häufig direkt auf die Hautoberfläche.

Bei drei Tieren fällt die relative hohe Dichte an klappenreichen Lymphgefäßen in den Strata su-

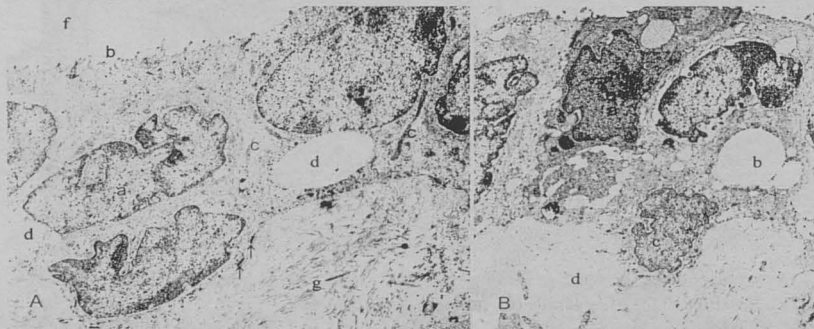


Abb. 15A: Drüsenzelle einer apokrinen Schlauchdrüse, elliptischer Zellkern (a), apikale Fortsätze (b), Mitochondrium (c), Vakuole (d), Kern einer Myoepithelzelle (e), Endstücksrichtung (f), Halbdesmomen zur Basallamina (h), Lam. fibroreticularis (g), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Abb. 15B: Dunkle Zelle (a) im Epithelverband, Lipidvakuolen (b), Myoepithelzelle (c), Bindegewebe (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

perficiale et profundum dermidis auf (Abb. 16, 17A). Im Str. profundum werden bei zwei Tieren

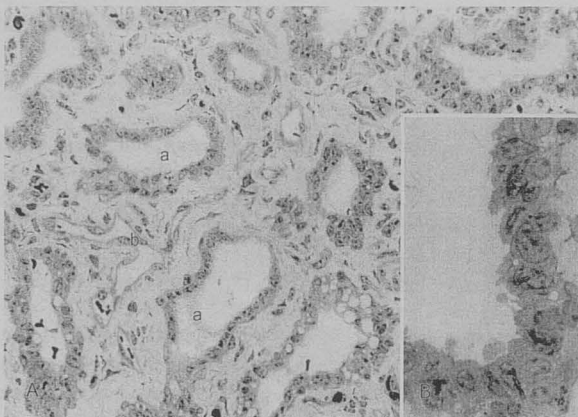


Abb. 14A: Endstücke einer Schlauchdrüse (a), Venole (b), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 200x.

Abb. 14B: Drüsenzellen mit unregelmäßigen Kernen, Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.



Abb. 16: Azini (a) und Ausführungsgang (↑) einer Schlauchdrüse, zahlreiche Lymphgefäße (b), M. arrector pili (c), Toluidinblau, 50x.

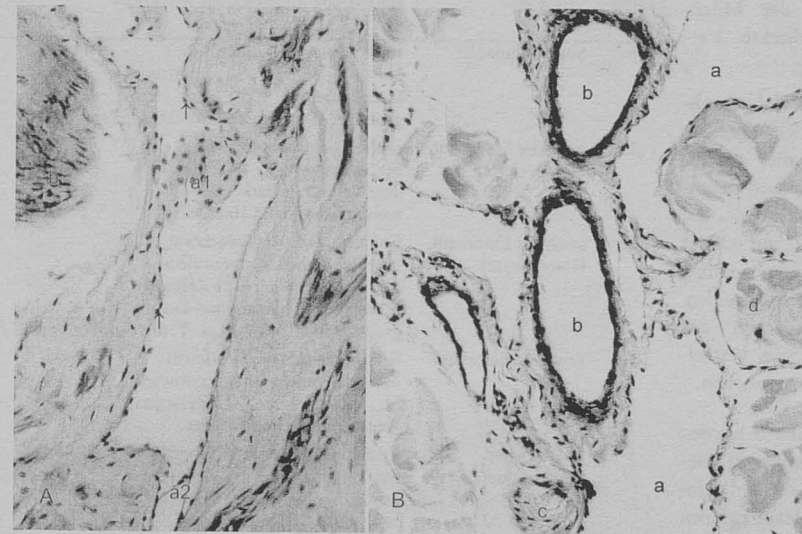


Abb. 17A: Detailvergrößerung eines Präkollektors mit zwei Klappen (a1-a2), Endothel (↑), glatte Muskelzellen (b), Hämatoxylin, 200x.

Abb. 17B: Weite Lymphgefäße (a) umspülen ein neurovaskuläres Bündel im Str. profundum dermidis, Venole (b), Nerv (c), kollagene Faserbündel (d), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Alle vaskulären Elemente werden von einer bindegewebigen Kapsel umschlossen und infolge-

alle neurovaskulären Bündel nahezu vollständig von weiten lymphatischen Strukturen umgeben (Abb. 17B).

Sowohl im Str. profundum der Dermis als auch in der Hypodermis kommen vereinzelt Glomusorgane (HOYER-GROSSERSCHES Organe) vor (Abb. 18). Man findet sie relativ oberflächlich in der Grenzzone zum Str. superficiale, unterhalb der Endstücke der apokrinen Schlauchdrüsen. Gelegentlich treten sie auch in tieferen Regionen der Dermis auf. Die beobachteten HOYER-GROSSERSCHES Organe variieren sowohl in ihrer Form als auch in der Größe.

Als eine Form spezialisierter arteriovenöser Anastomosen ist eine lange, teils gewundene Gefäßstrecke vorhanden. Von einer englumigen Arterie des muskulären Typs geht eine Arteriole ab, die in die bindegewebige Kapsel des Glomusorgans eindringt. Nach deren Passage kommt es zur Aufzweigung der Arteriole in gewundene Kanäle. Diese verlieren im weiteren Verlauf die Lam. elastica interna und vereinigen sich dann zu einer Venole, die wiederum in eine Vene einmündet.

dessen zu einer organ-ähnlichen Struktur vereinigt. In enger Nachbarschaft zu dem Glomusorgan verlaufen stets Nervenfasern, die mit kleinen Zweigen die gewundenen Kanäle innervieren.

Die Hypodermis hebt sich nur undeutlich ab, da ein kontinuierlicher Übergang der dichteren Bindegewebsfaserformationen der Dermis in die lockeren der Subkutis erfolgt. Die Schicht ist relativ dünn und besteht hauptsächlich aus einem weitmaschigen Netz von Bindegewebsfasern.

Dieses unterhält mit der bindegewebigen Kapsel der Milchdrüse direkte Verbindung.

Den Bereich durchziehen Blutgefäße, wobei die weitlumigen Venen besonders auffallen. Sie sind z. T. nur schwer von Lymphgefäßen zu unterscheiden. Weiterhin ist das Fehlen von Fettzellen hervorzuheben.

In Tabelle 5 werden die erhobenen Befunde an den einzelnen Hautregionen und damit die histologischen Spezifika der Haut der bovinen Milchdrüse

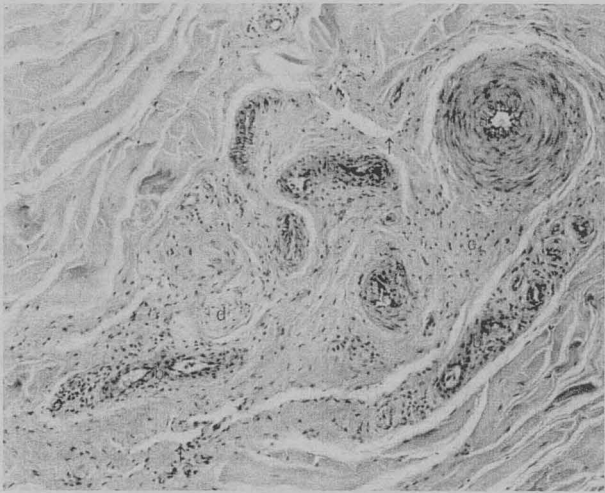


Abb. 18: HOYER-GROSSERSCHE Organ, muskuläre Arterie (a), arteriovenöse Kanäle (b), bindegewebige Kapsel (c), Nervenfasern (d), Lymphkapillare (↑), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Tab. 5: Lichtmikroskopische Modifikationen der Haut der untersuchten Euterbereiche.

Entnahmestelle ³	Bereich	spezifische histologische Merkmale
1	Sinus inguinalis	stark verhornte Epidermis bis zu 15 Zellagen Str. spinosum flache Papillen große, z. T. kollabierte Schlauchdrüsen
2a	seitliche Euterhaut, Vorderviertel	rauhe Epidermisoberfläche Str. spinosum aus 4-8 Zellagen deutlicher Papillarkörper wenige Haare und Hautdrüsen
2b	seitliche Euterhaut, Hinterviertel	Epidermis schwach verhornt sehr deutliches Str. granulosum Str. spinosum aus 6-11 Zellagen relativ wenige Haare und Drüsen große Schlauchdrüsen, z. T. mit Sekret
2c	seitliche Euterhaut	Epidermis schwach verhornt Melaningranula im Str. corneum Str. spinosum aus 7-10 Zellagen wenige Haare und Drüsen
3	Sulcus intermammaris	Epithel mit gefurchter Oberfläche Str. spinosum aus 4-7 Zellagen große Papillen zahlreiche Schlauchdrüsen
6	kaudale Euterregion (Milchspiegel)	rauhe Oberfläche, Epidermis stark verhornt Str. spinosum aus 5-10 Zellagen deutlicher Papillarkörper wenige große Haare mit Talgdrüsen große Schlauchdrüsen

³ vgl. Abb. 5, S. 42

zusammengefaßt. Wie bereits eingangs erwähnt, unterscheidet sich der grundsätzliche Bau der Euterhaut in den verschiedenen Zonen nicht wesentlich. Es kommt jedoch lokal zu leichten Modifikationen, wobei diese hauptsächlich die Dicke und den Verhornungsgrad der Epidermis, die Höhe der einzelnen Papillen sowie die Anzahl, Größe und Verteilung der Haare, Talg- und Schlauchdrüsen betreffen. Die Ausbildung der Gefäßnetze sowie Anordnung und Dichte der Bindegewebsfasersysteme gleichen sich.

3.2.1.2. Drüsengewebe

In der Mamma lactans besteht der Drüsenkörper aus dicht liegenden Drüsenläppchen, die, ihre Gestalt und Größe betreffend, in breitem Spektrum vorkommen. Jeder Lobulus enthält Alveolen in großer Anzahl. Dabei dehnen sich die sezernierenden Drüsenendstücke zu maximaler Größe

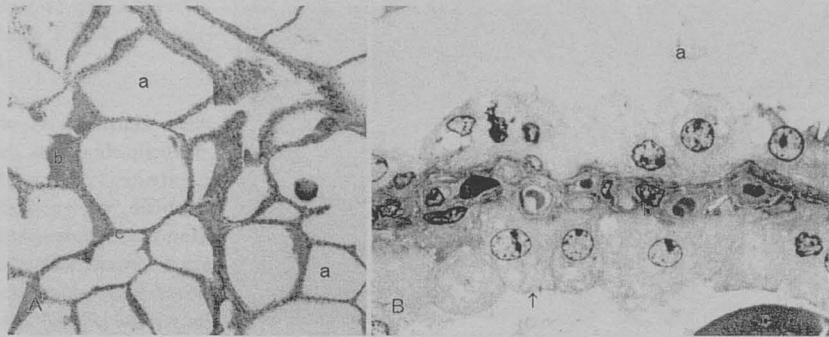


Abb. 19A: Laktierende Milchdrüse, weitlumige Alveolen mit abgeplattetem Epithel (a), azidophile Sekretreste (b), schmales intralobuläres Bindegewebe (c), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Abb. 19B: Hochprismatisches Alveolarepithel mit apikalen Vorwölbungen und Lipidvakuolen (↑), benachbarte Alveole (a), vaskularisiertes interalveoläres Bindegewebe (b), Corpus amylaceum (c), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

aus und erscheinen teilweise dilatiert. Die Alveolen sind unregelmäßig geformt und nach außen ausgebuchtet, womit sie sich gegenseitig in ihrer Form beeinflussen. In einigen ist ein azidophiles Sekret nachweisbar (Abb. 19A).

Zwischen benachbarten Alveolen befindet sich lediglich ein sehr schmaler Bereich Bindegewebe (Abb. 19B, 21A), der eine Anzahl Alveolen und kleine Milchgänge funktionell zu Milchdrüsenläppchen zusammenfaßt und sie gegen die Umgebung abgrenzt (Abb. 19A).

Ausgekleidet werden die Alveolen von einem einschichtigen Epithel, das hauptsächlich aus Alveolarepithelzellen und wenigen Myoepithelzellen besteht, die ihrerseits von einer Basalmembran umschlossen werden (Abb. 19B, 20A, 20B, 21A, 21B). Regelmäßig wird der Zellverband von Fremdzellen infiltriert (Abb. 20B, 29A, 29B).

Die Laktozyten bilden einen kontinuierlichen Zellverband (Abb. 21B) und präsentieren einen unterschiedlichen Entfaltungsgrad der Organellen abhängig von der Sekretionsphase der Zelle. Das spiegelt sich in der wechselnden Zellmorphologie wider, beispielsweise ändert sich entsprechend der funktionellen Aktivität die Anzahl der Organellen, und die Zellhöhe variiert deutlich. Sogar innerhalb desselben Lobulus können angrenzende Alveolen mit weit abweichenden Epithelhöhen auftreten (Abb. 21A).

In der Phase der Sekretabgabe begegnet man einem flachen niedrigen Epithel (Abb. 19A, 21A), während sekretgefüllte Alveolen in der Phase der Sekretbereitung meist isoprismatische Zellen besitzen (Abb. 21B). Schließlich erreicht die Alveole die Phase der Sekretextrusion und ist dann mit einem hochprismatischen Epithelverband ausgestattet (Abb. 19B, 21A), bei dem apikal kupfförmige Zellabschnitte ins Lumen vorragen (Abb. 27C).

Ein ovaler relativ glattkonturierter Kern charakterisiert die Alveolarepithelzelle. In seinem Chromatinerscheinungsbild gibt er Hinweise auf die aktive Proteinsynthese der Zellen, da er groß ist

und reichlich Euchromatin enthält (Abb. 21B, 22). Zudem kommt regelmäßig ein mächtig entwickeltes Kernkörperchen vor (Abb. 20A, 21B, 22). Das Flächenverhältnis zwischen Zellkern und Zytoplasma beträgt ca. 1 : 2-3. An der inneren Kernmembran lagert sich das elektronendichte stark kondensierte Heterochromatin in geringer Menge an oder es befindet sich großlumig im Kerninnenraum (Abb. 22). Oftmals ist die perinukleäre Zisterne (Abb. 24B), die sich zwischen der äußeren und inneren Kernmembran befindet, im gesamten Umfang des Zellkerns erkennbar (Abb. 22).

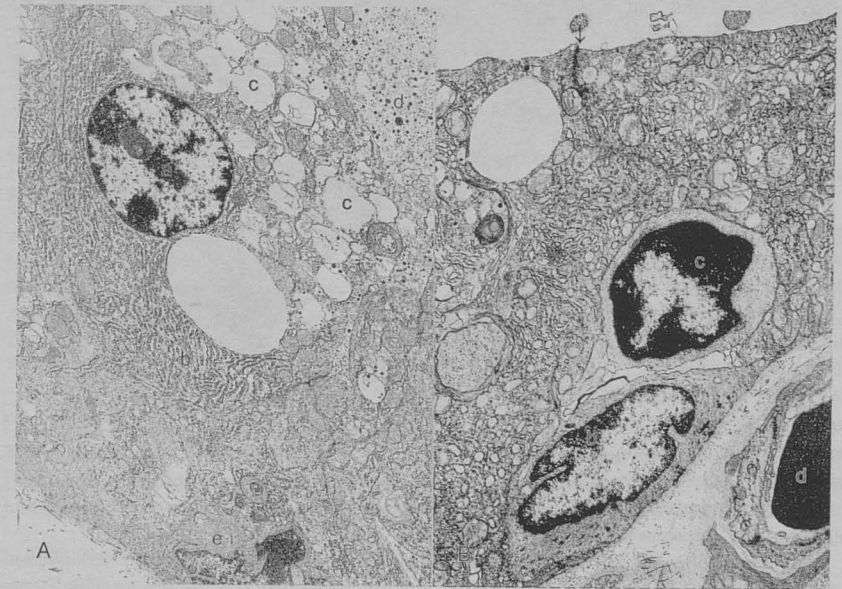


Abb. 20A: Alveolarepithel, polarer Laktozyt mit Zellkern (a), basalem rER (b) und Vesikeln (c), Alveolarlumen mit Sekretrest (d), Myoepithelzelle (e), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

Abb. 20B: Alveolarepithelzelle (a), Myoepithelzelle (b), Lymphozyt, der den Interzellularraum zwischen zwei Epithelzellen passiert (c), Blutkapillare mit Erythrozyt (d), Haftstruktur-Komplex (↓), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

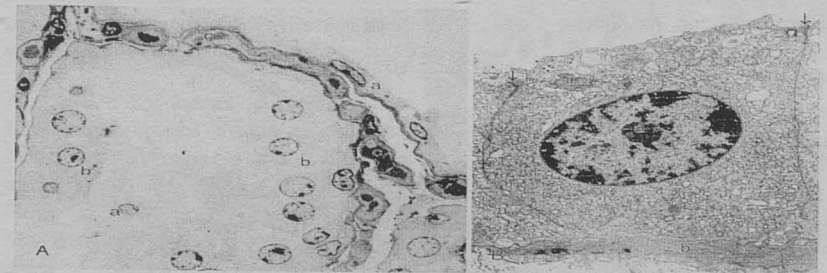


Abb. 21A: Angrenzende Alveolen in unterschiedlichen Sekretionsphasen, flaches (a) bzw. hochprismatisches Epithel (b), Blutkapillare im interalveolären Bindegewebe (c), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 400x.

Abb. 21B: Organellenreicher Laktozyt, Kern mit Nukleolus (a), kurze Mikrovilli (*), Haftkomplex (↓), Sarkoplasma der Myoepithelzelle (b), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

Das Zytoplasma aktiver Laktozyten beherbergt zahlreiche Zellorganellen, die in Abhängigkeit zur jeweiligen Funktionsaktivität Umbauvorgängen unterliegen. Es wird von einem stark entfalten Syntheseapparat determiniert, wie er für sezernierende Drüsenepithelzellen typisch ist. Dazu gehören vor allem ein umfangreicher GA, ein sehr gut entwickeltes rER sowie zahlreiche Ribosomen (Abb. 20A, 20B, 21B). Dabei sind neben membrangebundenen Ribosomen in großem Umfang auch freie Ribosomen sichtbar (Abb. 25). Trotz aller Variabilität der Zellmorphologie ist nur ein Typ sekretorischer Zellen vorhanden.

Der Synthese der Milcheiweiße dient das sehr gut ausgeprägte rER (Abb. 20A, 20B), das sich insbesondere im basalen sowie im mittleren Zellabschnitt zu dichten Membranstapeln formiert und damit die Polarität der Zelle unterstreicht. Die gebildeten Eiweiße kondensieren danach im GA. Dieser liegt zumeist im peri- und supranukleären Zellbereich und kann im extrem entfalten Zustand auch einen Großteil des gesamten Zytoplasmas einnehmen (Abb. 24B). Die Golgi-Vakuolen enthalten zahlreiche elektronendichte Kaseingranula (Abb. 20A, 21B, 24A). Im GA werden zunächst kleine Lipidtröpfchen gebildet, die bei ihrer stetigen Verlagerung nach apikal an Größe zunehmen (Abb. 20B).

Die apikale Zellmembran ist überwiegend relativ glatt gestaltet (Abb. 20B, 21B, 24B, 34A). Nur stellenweise kommt es zur Ausbildung kurzer stummelförmiger Mikrovilli (Abb. 20B, 21B, 24A), hauptsächlich nahe der Zellmembran zur Nachbarzelle (Abb. 27C). Ebenfalls in diesem Bereich ragen selten schlanke, teils gebogene Pseudopodien in die Alveolenlichtung (Abb. 23). Größere Lipidtröpfchen buchten zunächst den Zellapex unterschiedlich weit ins Alveolarlumen vor (Abb. 27A, 27C), erhalten dann Kontakt zur apikalen Plasmamembran und schnüren sich mit einer

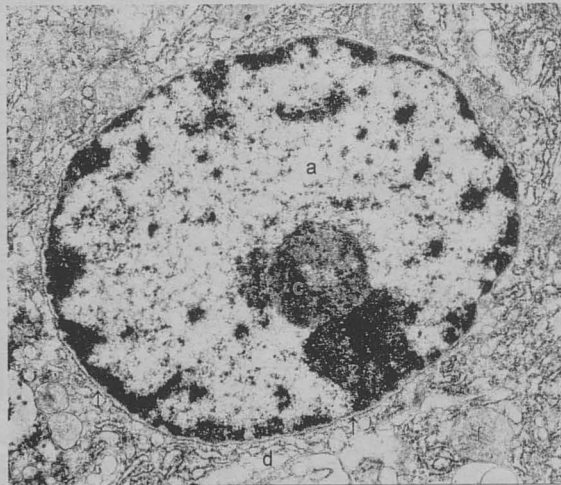


Abb. 22: Ovaler, euchromatinreicher (a) Zellkern, Heterochromatin an der inneren Membran (b), Kernkörperchen (c), perinukleäre Zisterne (↑), Golgi-Komplex (d), rER (e), Mitochondrium (f), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

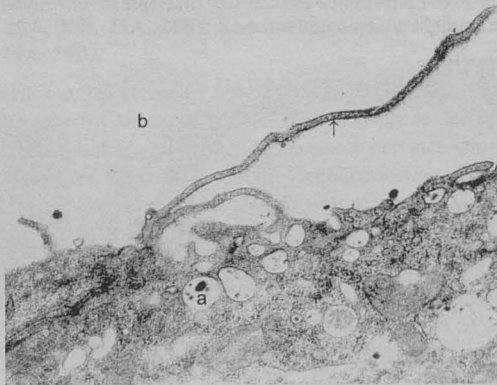


Abb. 23: Pseudopodium (↑), Kaseingranulum (a), Lumen (b), elektronenmikroskopische Aufnahme, 12 000x.

Phospholipid-Protein-Hülle von der Zelle ab (Abb. 24A).

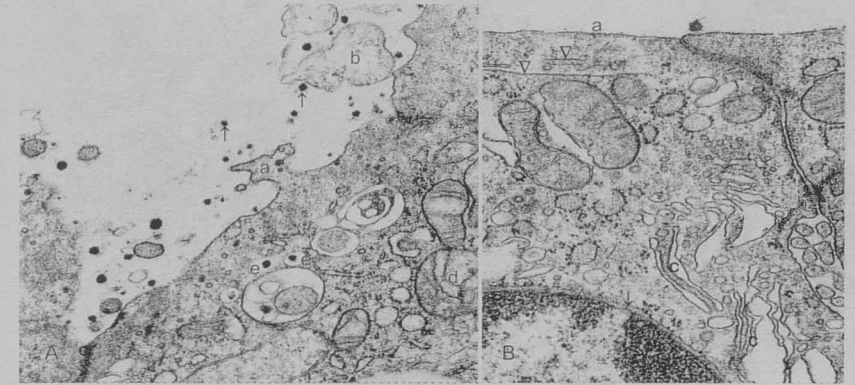


Abb. 24A: Apikaler Zellabschnitt, kleiner Fortsatz (a), osmophile Kaseingranula (↑) und Zytoplasmateile im Alveolenlumen (b), Haftkomplex (c), Mitochondrium (d), kaseinbeladene Vesikel (e), elektronenmikroskopische Aufnahme, 12 000x.

Abb. 24B: Glatte apikale Zelloberfläche (a), Haftstrukturen-Komplex aus Zonula adherens (b1) sowie Desmosom (b2), GA (c), Mikrotubuli (V); perinukleäre Zisterne (↓), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

Das äußere und innere Blatt der Zellmembran ist jeweils als eine dunkle Linie zu erkennen (Abb. 20A, 21B). Im apikalen Zellabschnitt kommt der Zellkontakt über einen Haftstrukturen-Komplex (junctional complex) zustande (Abb. 20B, 21B), der aus einer oberen Zonula occludens (tight junction), der Zonula adherens sowie einem Desmosom (Macula adherens) besteht (Abb. 24B).

In allen Zellbereichen treten verhältnismäßig gleichmäßig verteilte Mitochondrien vom Crista-Typ auf, die sich durch ihren Formenreichtum auszeichnen (Abb. 21B, 22, 24A, 24B, 26B). Den Binnenraum zwischen den vergleichsweise wenigen leistenförmigen Membranstapeln füllt feingranulierte Matrix aus. Granula intramitochondrial sind nicht vorhanden (Abb. 25).

Am basalen Pol kommt unregelmäßig ein kompliziert gebautes System eingestülpter Zellmembranen vor, das das Zytoplasma nischenförmig untergliedert (Abb. 26A). Dabei schieben sich teilweise schlanke Mitochondrien zwischen die zahlreichen tiefen Einfaltungen des Plasmalemmas (Abb. 26B). Das entstandene Labyrinth bleibt auf den abluminalen Bereich beschränkt, setzt sich auch nicht an der seitlichen Zellmembran fort.



Abb. 25: Mitochondrium mit Anzeichen der Knospung (a), im Binnenraum Cristae (↑), Polyribosomen (b), Vesikel (c), Kernanschnitt (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 20 000x.

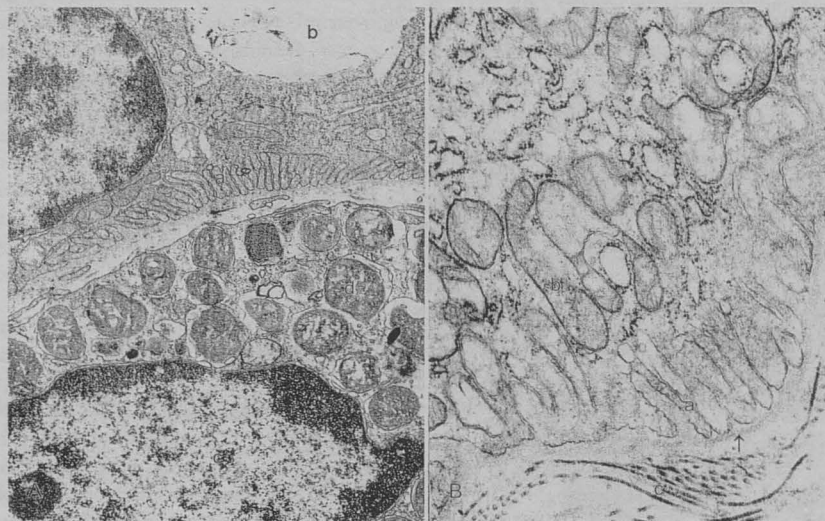


Abb. 26A: Basales Faltensystem (a), Lipidvakuole (b) und Kernanschnitt (c) einer Alveolarepithelzelle, perialveoläres Bindegewebe mit Mastzelle voller Granula (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

Abb. 26B: Plasmalemmaeinfaltungen (a), Mitochondrium (b), Lam. densa (↑), Lam. fibroreticularis mit Verankerungsfibrillen aus Typ-VII-Kollagen (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 12 000x.

Im apikalen und paranukleären Zytoplasma kommen Mikrotubuli in Strängen und noch feinere Filamente vor (Abb. 24B). Bei den aktiven Drüsenzellen ist ein hoher Gehalt an paraplasmatischen Einschlüssen zu verzeichnen, wobei es sich vornehmlich um Vorstufen und Endprodukte der Sekretsynthese in Tropfen- und Granulaform handelt. Vesikel enthalten meist kleine, sehr elektronendichte Kaseingranula (Abb. 20A, 24A). Die einzelnen Zellkompartimente kommunizieren über diese Transportvesikel. Im Zytoplasma kommen lumennah Fettröpfchenvakuolen in unterschiedlicher Anzahl und Größe vor (Abb. 19B, 27A, 27B). Dabei sind die Lipideinschlüsse nicht mit der biologischen Einheitsmembran umgeben und werden am apikalen Zellpol apokrin ausgeschleust (Abb. 24A, 27C). Oftmals deformieren die mehr oder weniger häufigen Vakuolen den Zellkern (Abb. 27A) und drängen ihn an den Zellrand (Abb. 27B).

Zellen, die gerade sezerniert haben, platten sich insgesamt ab, und der Zellkern nimmt eine annähernd kugelige Form an. In ultrastruktureller Hinsicht zeigt sich ein Bild relativer Inaktivität, indem die Anzahl an GA und rER reduziert ist und nur wenige paraplasmatische Einschlüsse auftauchen.

In unterschiedlicher Anzahl kommen Myoepithelzellen pro Alveole vor. Sie grenzen basal an die Laktozyten, d. h., sie schieben lange Zytoplasmafortsätze zwischen die Basalmembran und das Drüsenepithel ein (Abb. 20A, 20B, 28A). Ihr flacher langgestreckter Zellkern besitzt eine unregelmäßige Oberfläche, die teilweise tiefe Buchten aufweist. In diese Kerben ragen Zytoplasmafortsätze hinein (Abb. 20A, 20B). Das feinkörnige Chromatinmaterial verteilt sich gleichmäßig, wobei reichlich Heterochromatin vorhanden ist, das sich randverdichtet der inneren Kernmembran anlagert (Abb. 20A, 20B, 28A).

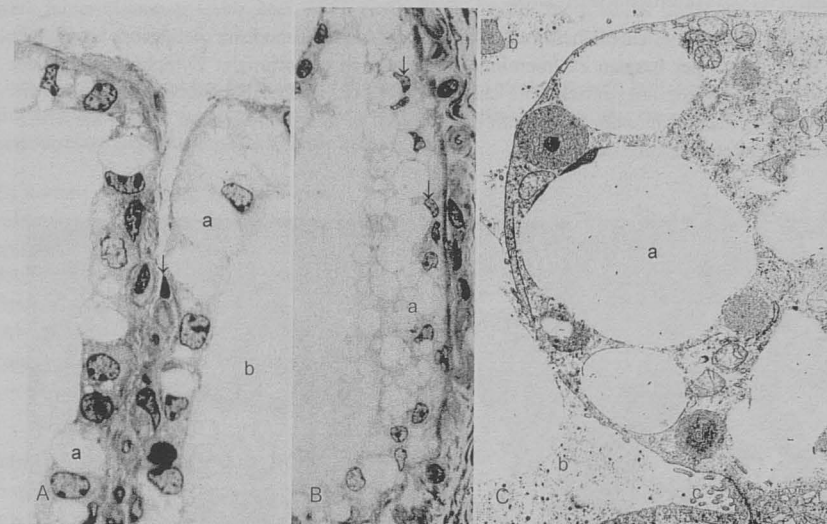


Abb. 27A: Intrazytoplasmatische Lipidvakuolen, meist eine große pro Laktozyt (a), angrenzende Alveole (b), Myoepithelzelle (↓), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 27B: Hochprismatische multivakuoläre Zellen (a), Zellkerne meist deformiert (↓), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 400x.

Abb. 27C: Kuppelförmig vorgewölbter Zellapex einer multivakuolären Alveolarepithelzelle, Lipidvakuole (a), Sekret im Lumen (b), Mikrovilli (c), Sekundärlysosom (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 12 000x.

Die Zelle bildet langgestreckte schlanke Ausläufer. Periphere Zellbereiche enthalten eine große Menge längsorientierter dünner kontraktile Aktin-Myofilamente und dickerer Intermediärfilamente, die der Zelle ein dichtes Aussehen verleihen. Es kommt lokal zu besonderen Zytoplasmaverdichtungen (dense bodies, Befestigungsplatten, Abb. 28A, 28B), die der Verknüpfung und als

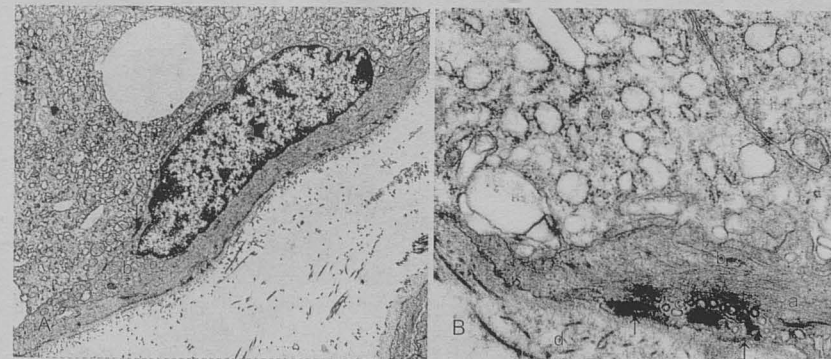


Abb. 28A: Myoepithelzelle, Zellkern (a), Zellorganellen (b), Desmosom zur Alveolarepithelzelle (↓), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

Abb. 28B: Spitze eines Zellausläufers, Aktinfilamente (a) und Befestigungsplatten (b), Mikropinozytosebläschen (c), Hemidesmosomen (↑), Lam. fibroreticularis (d), Laktozyt (e), elektronenmikroskopische Aufnahme, 12 000x.

Ansatzstruktur der Aktinfilamente dienen.

Die wenigen Zellorganellen bleiben ausschließlich auf das perinukleäre Zellgebiet beschränkt (Abb. 28A). Unter der basalen Zellmembran befindet sich ein schmaler Zytoplasmasaum, der eine Vielzahl an mikropinozytotische Bläschen enthält (Abb. 28B). Über Halbdesmomen wird die Verbindung zur Basallamina hergestellt (Abb. 28A). In ihrer Ultrastruktur ähneln die Myoepithelzellen glatten Muskelzellen.

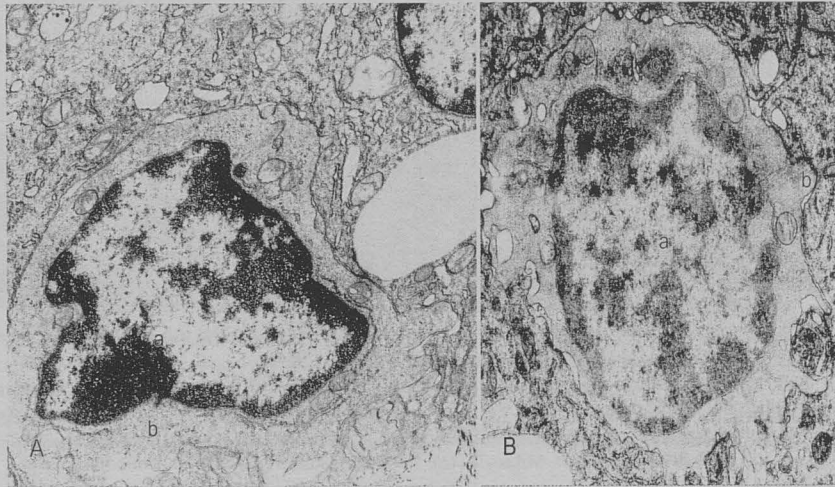


Abb. 29A: Lymphozyt im Alveolarepithel, großer Kern mit Eindellungen (a), schmaler heller Zytoplasmasaum (b), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

Abb. 29B: Intraepithelialer Makrophage, Zellkern (a), Protrusionen (b), primäre bzw. sekundäre Lysosomen (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 12 000x.

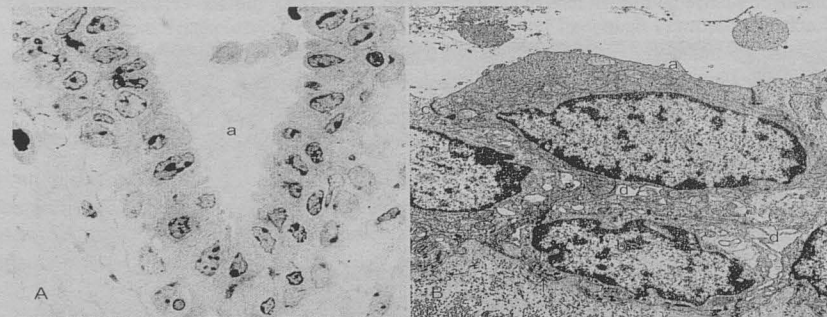


Abb. 30A: Ductus alveolaris, zweischichtiges Epithel mit unregelmäßig geformten Zellkernen, Lumen (a), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 30B: Ductus alveolaris, oberflächliche Zelle mit Mikrovilli (a), basale Zelle (b), Halbdesmomen (↑) zur Basalmembran, Kontaktstruktur (c), Interzellularraum (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Dem sekretorischen Alveolarepithel folgt die Basalmembran, die zunächst aus einer hellen Lam. rara besteht (Abb. 26B). Danach schließt sich die elektronendichte Lam. densa an, ein Maschen-

werk feiner Filamente (Abb. 26B, 35C). Schließlich strahlen dicht an der Basallamina verlaufende kollagene Fibrillen in die Lam. fibroreticularis ein (Abb. 26B, 28B).

Unter der Basalmembran befindet sich lockeres Bindegewebe, dessen kollagene Fibrillen sich in Bündeln anordnen, die ihrerseits Fasern bilden. Deutlich zeigen längsgetroffene Fibrillen eine periodische Querstreifung (Abb. 26B, 28B, 32A).

Es kommt regelmäßig vor, daß einzelne Fremdzellen in das Alveolarepithel migrieren. In erster Linie handelt es sich dabei um neutrophile Granulozyten und Lymphozyten (Abb. 29A, 34A), weniger häufig kommen Makrophagen (Abb. 29B) vor.

Intralobulär lokalisierte Ductus alveolaris sind relativ weitlumige sekretableitende Strukturen, die Drüsenalveolen untereinander verbinden. Sie kleidet ein zweischichtiges Epithel aus, dem Myoepithelzellen fehlen (Abb. 30A, 30B).

Die Zellen der oberen Schicht haben eine isoprismatische Form und verbinden sich zu einer geschlossenen Lage. Ihre unregelmäßigen

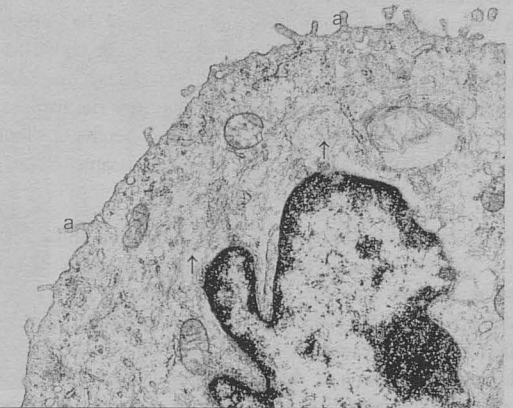


Abb. 31: Ductus alveolaris, oberflächliche Epithelzelle, Mikrovilli (a), Intermediärfilamente (↑), Zellkern (b), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

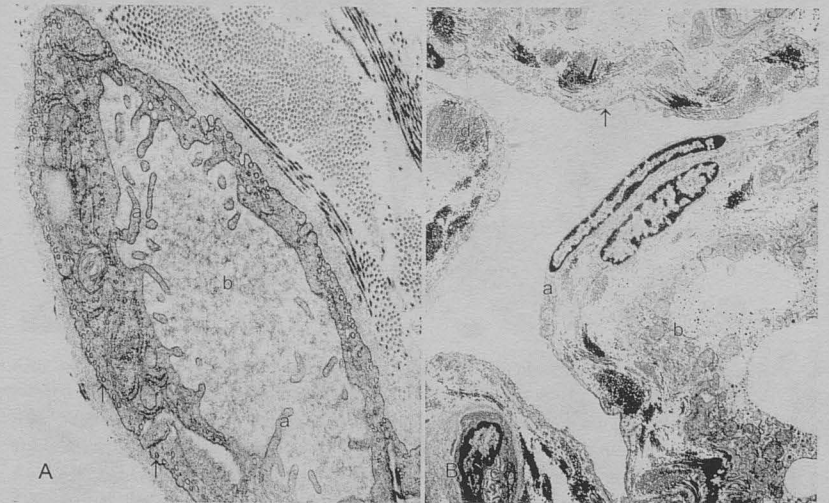


Abb. 32A: Blutkapillare im intralobulären Bindegewebe, Endothel mit langen luminalen Pseudopodien (a), zahlreiche Endozytosebläschen (↑), ausgefüllte Bluteiweiße (b), perivasale kollagene Fibrillen (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Abb. 32B: Lymphkapillare, sehr dünnes Endothel (↑) mit langgestrecktem Zellkern (a), Laktozyt (b), Blutkapillare (c), Bündel kollagener Fibrillen (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

Zellkerne zeigen flache (Abb. 30B) bis tiefe Inzisuren (Abb. 31). An der luminalen Zellmembran treten mikrovilliartige Zytoplasmafortsätze (Interdigitationen) in unterschiedlicher Form, Anzahl und Größe auf. Für eine mäßige Stoffwechselaktivität spricht ihre bescheidene Ausstattung mit Zellorganellen (Abb. 30B, 31). Von differenzialdiagnostischer Bedeutung ist ihr Gehalt an Intermediärfilamenten (Abb. 31).

Die basalen Zellen sind locker angeordnet, wodurch weite Zwischenzellspalten entstehen (Abb. 30B). Charakteristisch sind die Halbdesmomen an der Spitze kleiner Zytoplasmafortsätze, die in den subepithelialen Raum hineinragen und die Zellen an der Basalmembran befestigen. Der Zellkern nimmt den größten Teil der Zelle ein und wird saumartig vom Zytoplasma umgeben. Aufgrund der gleichfalls geringen Ausprägung von Zellorganellen erscheint das Zytoplasma strukturarm (Abb. 30B). Die Verbindung der Basalzellen untereinander und zur oberen Schicht wird über Desmosomen realisiert. Da, wie bereits erwähnt, die beiden Schichten nur wenige Organellen enthalten, kann kaum auf ein bedeutsames Sekretionsgeschehen geschlossen werden.

Im interalveolären lockeren Bindegewebe wird anhand zahlreicher Kapillarschnitte die intensive Vaskularisierung der Alveolen deutlich (Abb. 21A, 33A). Neben den Laktozyten und der Basalmembran sind die Blutkapillaren (Abb. 19B) ein Bauelement der Blut-Euter-Schranke. Stets verlaufen die Kapillaren in einem gewissen Abstand von der Basalmembran (Abb. 20B). Sie haben eine geschlossene Schicht Endothelzellen, die einen länglichen Kern besitzen und in ihrem Zytoplasma u. a. reichlich Pinozytosevesikel beherbergen (Abb. 32A). Während ihre Basallamina kontinuierlich ausgebildet ist, kommen Perizyten nur gelegentlich vor. Eine besondere Eigenheit sind beträchtlich lange pseudopodienartige Endothelausstülpungen in das Lumen, was

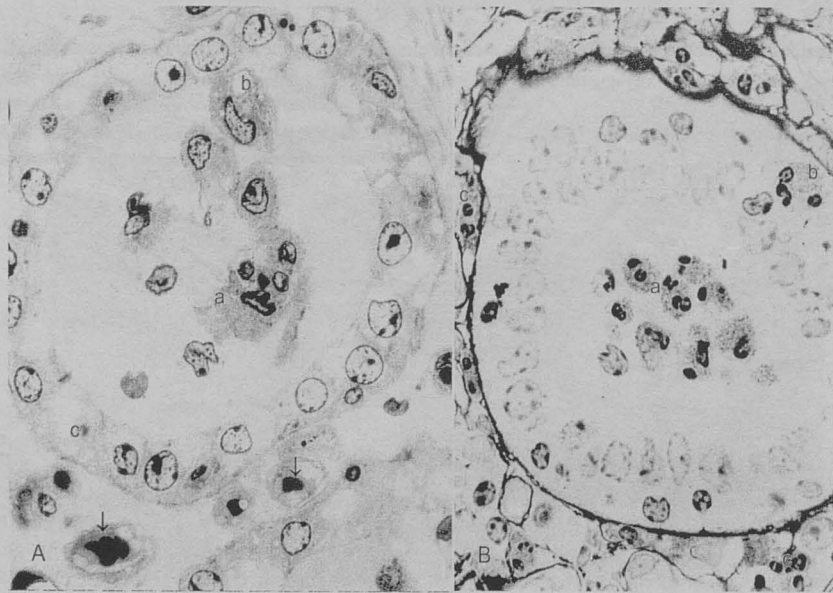


Abb. 33A: Alveolenlumen mit Milchzellen und Zellfragmenten (a), losgelöster Laktozyt (b), Alveolarepithel (c), Erythrozyten (↓), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 33B: Entzündliches Gebiet, neutrophile Granulozyten im Alveolarlumen (a), im Epithel (b) und im Bindegewebe (c), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

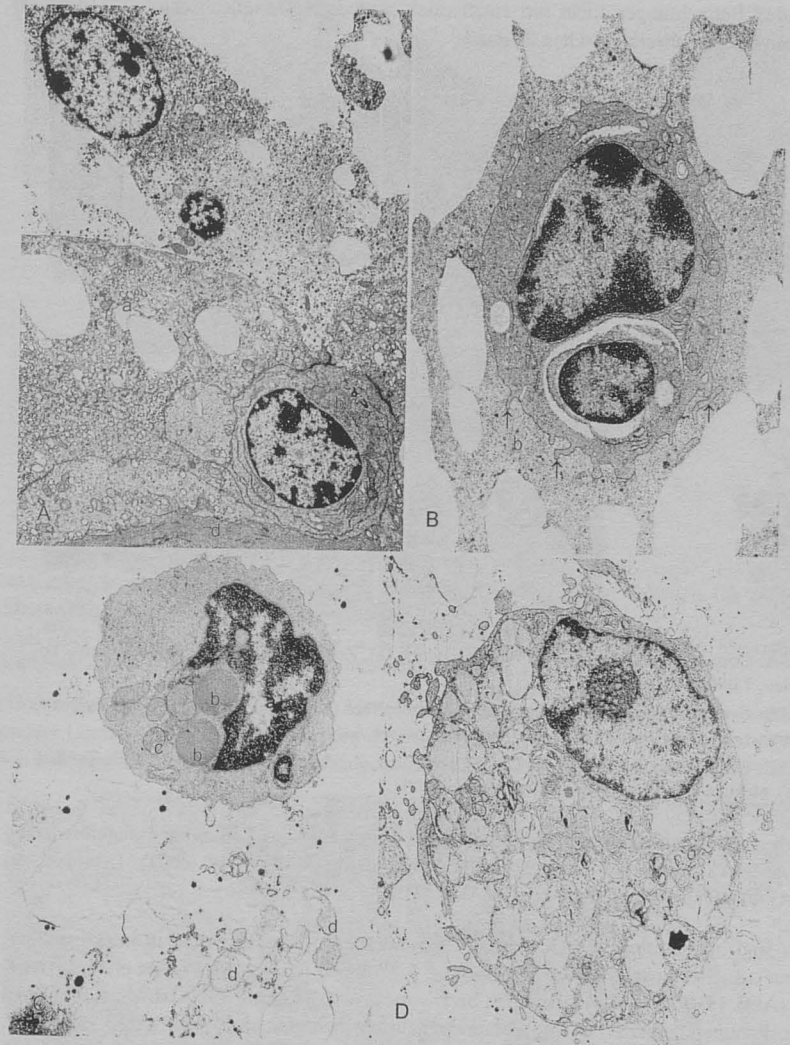


Abb. 34A: Alveolarepithel (a), mehrere intraepitheliale Lymphozyten (b), zwei abgeschilferte Laktozyten in Lysis (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

Abb. 34B: Makrophage mit Zellfortsätzen (↑) und segmentiertem Kern (a), Sekret (b), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

Abb. 34C: Makrophage, nierenförmiger Zellkern (a), sekundäre Lysosomen (b), Mitochondrium (c), Zytoplasmafragmente (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

Abb. 34D: Makrophage, Zytoplasma voller phagozytiertem Materials, gegliederter Nukleolus (a), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

eine gravierende Vergrößerung der inneren Oberfläche bewirkt (Abb. 32A, 32B). Häufig finden sich Mastzellen in unmittelbarer Nachbarschaft der Blutkapillaren (Abb. 26A, 36B).

Im Lumen einzelner Alveolen befinden sich verschiedenartige Milchzellen, wobei es in den nachfolgenden Betrachtungen nicht um entzündlich veränderte Gewebeabschnitte (Abb. 33B) geht, sondern um den physiologischen Zustand.

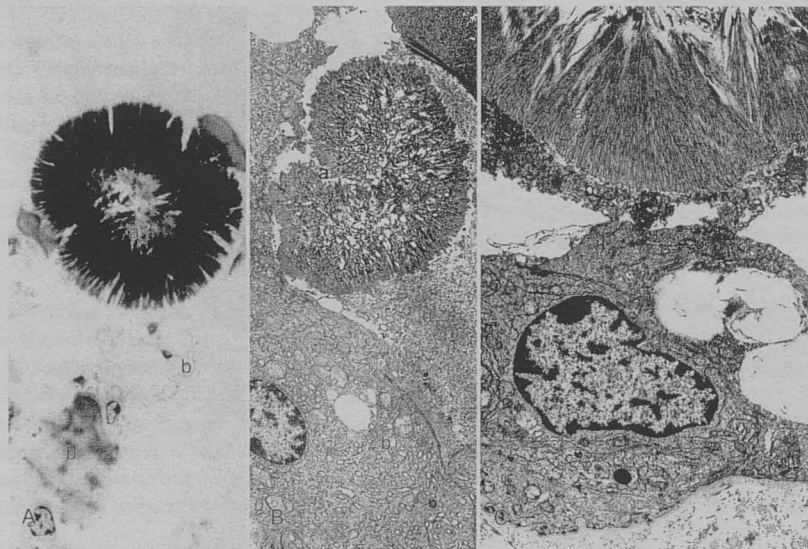


Abb. 35A: Corpus amylaceum frei im Alveolarlumen (a), Zelltrümmer (b), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 35B: Corpus amylaceum (a), das das Alveolarepithel (b) mechanisch beschädigt, weiteres Milchsteinchen (c), Sekret (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

Abb. 35C: Corpus amylaceum (a) im Ductus alveolaris, Zellfragmente (b), superfizielle Epithelzelle (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Häufig schwimmen Alveolarepithelzellen im Sekret, die sich vom Zellverband abgelöst haben (Abb. 33A, 34A). Hinzu kommen u. a. Makrophagen (Abb. 34B, 34C, 34D), Lymphozyten (Abb. 34A) und neutrophile Granulozyten (Abb. 33B).

Weiterhin sind im funktionellen Gewebe der Milchdrüse Corpora amylacea in intraalveolärer, nicht in interstitieller Lokalisation zu beobachten. Sie können frei im Milchsekret einiger Alveolarlumen (Abb. 19B, 35A, 35B), aber auch im Ductus alveolaris (Abb. 35C) schwimmen. Neben einzeln vorkommenden treten häufig mehrere Milchsteinchen gleichzeitig auf (Abb. 35B), z. T. 3-5.

Die Corpora amylacea besitzen eine beträchtliche Größe und weisen einen lockeren hellen Kern auf. Ihre periphere Zone besteht entweder aus deutlich radiär strahlenden Strukturen (Abb. 35A, 35B) oder ist glatt (Abb. 35C). In vielen Fällen treten sie gemeinsam mit Milchzellen auf (Abb. 35A). Durch die Corpora amylacea kann das Alveolarepithel mechanisch geschädigt werden (Abb. 35B). Milchsteinchen werden weder im interalveolären Bindegewebe noch im Epithel der Alveolen oder dem kleiner Milchgänge beobachtet.

Bei zwei Tieren befinden sich Abschnitte der Milchdrüse in der Phase der Involution, wobei stellenweise innerhalb eines Läppchens noch wenige aktive Alveolen vorkommen können. Hier

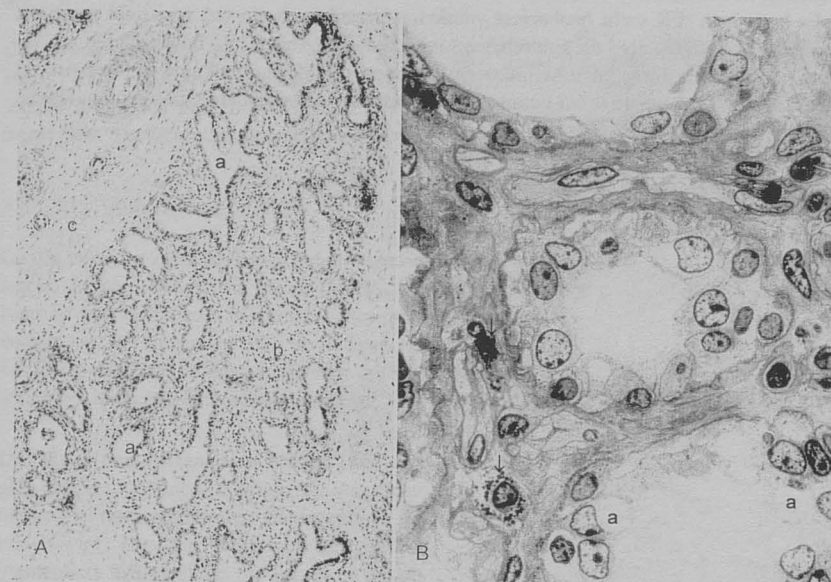


Abb. 36A: Drüsenläppchen in der Involution, wenige Alveolen, Ductus alveolaris (a), zellreiches Stroma (b), interlobuläres Bindegewebe (c), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Abb. 36B: Interalveoläres Bindegewebe, u. a. mit basophil granulierter gefäßnaher Mastzelle (↓), Lipidvakuolen (a), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

befinden sich in den Lobuli nur kleine Alveolen mit nur kleinem (Abb. 36A) oder gar nicht entfaltetem Lumen (Abb. 36B), wohingegen der Anteil an Bindegewebe vermehrt ist. Im interstitiellen Bindegewebe findet man eine gestiegene Zellzahl.

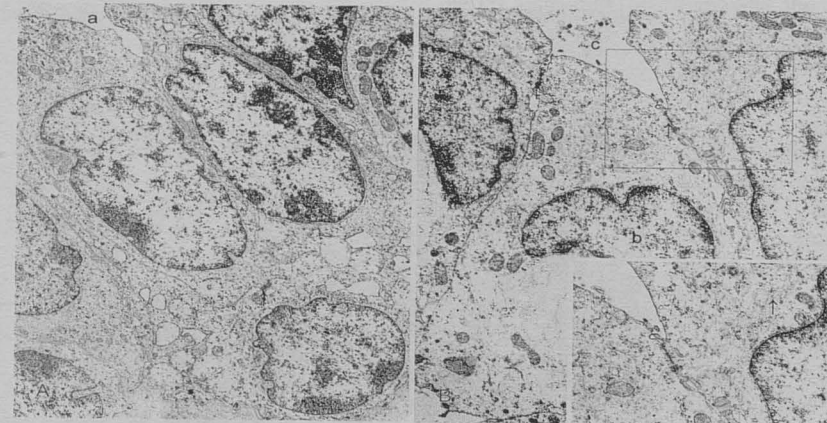


Abb. 37A: Alveolarepithelzelle, Gehalt an Organellen reduziert, Lumen (a), Desmosom (↑), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Abb. 37B: Laktozyt in Degeneration, Zytoplasma in Lysis, wenige Mitochondrien (a), Zellkern deformiert (b), Lumen (c), Desmosom (↑), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

Einsatz: Mikrotubuli (↑) im apikalen Zytoplasma, ca. 7 000x.

Ultrastrukturell kennzeichnet die Laktozyten die deutliche Verringerung der Anzahl der Zellorganellen. Es kann kein rER mehr beobachtet werden, während noch ein GA und tight junctions erhalten bleiben. Auffällig sind die zahlreichen Lipidvakuolen (Abb. 37A). Im Vergleich zu laktierenden Zellen fehlen die basalen Membraneinfaltungen, die Mikrotubuli sind in ihrer Anzahl reduziert, und sie liegen verstreut im gesamten Zytoplasma ohne besondere Orientierung. Da die Zellen kaum noch Organellen aufweisen, sind sie hell (Abb. 37B).

3.2.1.3. Zitze

Die Wand der Zitze läßt sich in die äußere Haut, eine bindegewebig-muskuläre Mittelschicht (Abb. 38) und in das Epithel der Zisterne bzw. des Zitzenkanals unterteilen.

3.2.1.3.1. Äußere Haut

Da die Haut der Zitze im Bereich des Zitzenansatzes, der sog. Zitzenbasis, wenig und fein behaart ist und sich dieses Merkmal weiter distal verliert, ist im folgenden eine gesonderte Betrachtung der Zitze in diesem Bereich im Vergleich zur restlichen Zitzenhaut angezeigt.

Die **Haut der Zitzenbasis** verfügt über eine gleichbleibend dünne Epidermis, die von einem mehrschichtigen verhornten Plattenepithel gebildet wird. Das Str. basale ist gelegentlich pigmentiert. Während das Str. spinosum aus ca. 5-10 Zellagen besteht, sind im Str. granulosum lediglich ein bis drei Lagen ovaler Zellen vorhanden, die Keratohyalin granula enthalten. Sehr markant hebt sich das Str. corneum ab (Abb. 39).

Größtenteils unterlagert nur ein eher flacher Papillarkörper das Epithel (Abb. 38, 39), dagegen treten Mm. arrectores pilorum deutlich in Er-

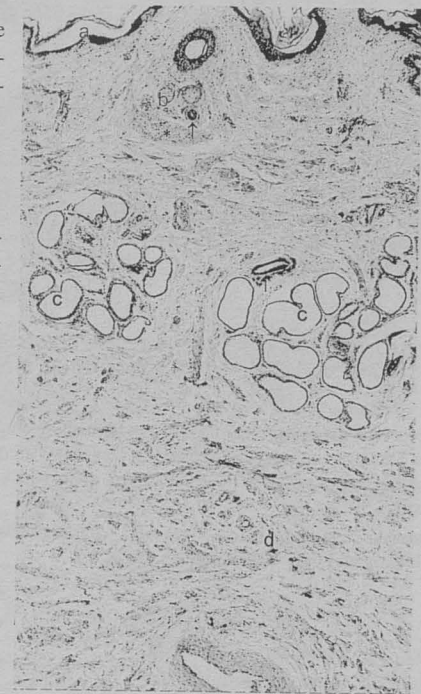


Abb. 38: Zitzenbasis, Epidermis (a), Haarfollikel mit Talgdrüse (b), Endstücke (c) sowie Ductus excretorius (↑) der Schlauchdrüse, M. arrector pili (*), Mittelschicht (d), Hämatoxylin, 50x.

scheinung (Abb. 38, 40).

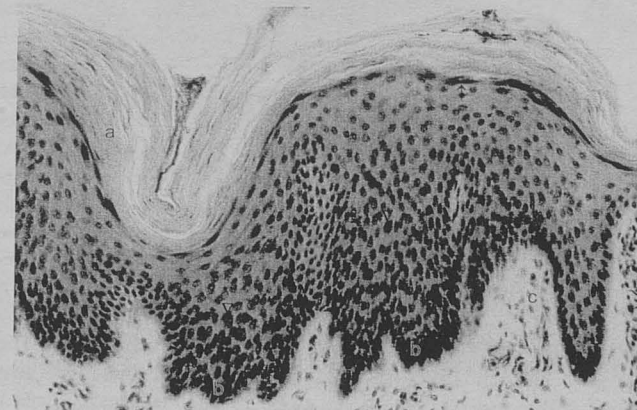


Abb. 39: Epidermis der Zitzenbasis, Str. corneum (a), Str. granulosum (b), Melaningranula, vornehmlich im Str. basale (b), auch im Str. spinosum (V), mittelgroße Papillen (c), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

In geringer Anzahl begleiten mittelgroße Talgdrüsen die vorhandenen Haare. Diese Hautdrüsenart besteht aus typischen hellen polygonalen Drüsenzellen, die zu Läppchen zusammengelagert sind (Abb. 40). Den peripheren Abschluß jedes Läppchen bildet ein einschichtiges kubisches Epithel.

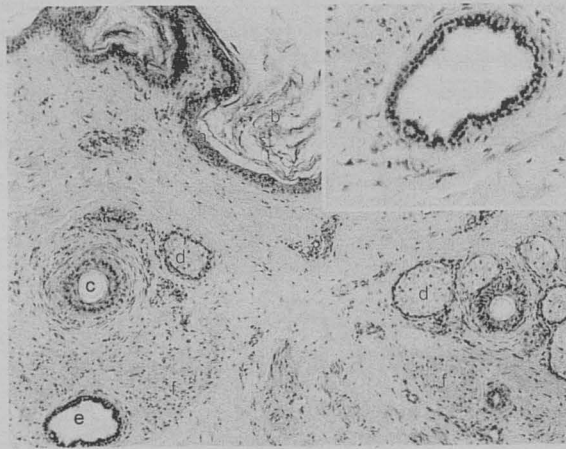


Abb. 40: Zitzenbasis, sehr dünner Epidermisbereich (a), Str. disjunctum des Str. corneum (b), Haarfollikel mit Haar (c), Talgdrüsenläppchen (d), Ausführungsgang der Schlauchdrüse (e), glatte Muskelzellen (f), Hämatoxylin, 50x.

Einsatz: Detailvergrößerung aus Abb. 40, Ausführungsgang mit zweischichtigem Epithel, Hämatoxylin, 200x.

Die apokrin sezernierenden Schlauchdrüse verlaufen wenig geschlängelt und bestehen nur aus einigen weiten Endstücken (Abb. 38). Stellenweise enthalten einzelne Azini noch Reste des produzierten Sekrets. Die isoprismatischen Drüsenepithelzellen zeigen z. T. flache kupelförmige Protrusionen der apikalen Zellmembran. Gesäumt werden die Endstücke von einem unauffälligen schmalen Myoepithel. Anfangs tapeziert ein zweischichtiges Epithel den relativ weitlumigen Ausführungsgang aus, der in den Abbildungen 38 und 40 erkennbar wird.

Die übrige Haut der

Zitze ist unbehaart und trägt gleichfalls eine Epidermis, die pigmentiert sein kann und, im Gegensatz zur Zitzenbasis, stärker ausgeprägte unverzweigte Papillen zur Verankerung auf der bindegewebigen Unterlage besitzt. Ebenso heben sich deutlich die Hornlamellen des Str. corneum ab (Abb. 41).



Abb. 41: Epidermis der nicht-behaarten Zitzenhaut, Hornlamellen des Str. corneum (a), Str. granulosum (↑), Str. basale mit Melaninkörnchen (b), Melanozyt (Δ), Blutkapillare (c), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Zwischen den feinen kollagenen Fasern der Dermis befinden sich wenige glatte Muskelzellen. Unter den kleinen Gefäßen taucht auch eine Reihe von Lymphgefäßen auf, die teilweise mit Klappen versehen sind.

Aufgrund fehlender Haare sind keine Hautdrüsen ausgebildet.

3.2.1.3.2. Mittelschicht

In diese Schicht (Gefäßschicht, gemischte Faserzone) lagern sich zahlreiche glatte Muskelzellen

ein, diffus verteilt oder in Bündeln angeordnet (Abb. 38), die in verschiedene Richtungen verlaufen (Abb. 42, 43). Während sie sich im mittleren Zitzendrittel um den Ductus papillaris herum verdichten, unterbleibt dies weiter proximal um den Sinus lactifer (Abb. 42, 44A).

In der Mittelschicht sind die Gefäße in ganz charakteristischer Weise angeordnet, indem mittelgroße Arterien und Venen im mittleren Schichtbereich nahezu einen geschlossenen Ring ausbilden (Abb. 42). Weiterhin zeichnen sich die vorhandenen Venen durch verschiedenartige kompliziert gebaute Klappen und eine verdickte T. media aus (Abb. 43). Somit erscheinen die Venen fast ebenso dickwandig wie die Arterien (Abb. 42, 43), die ihrerseits mit kreislaufregulatorischen Einrichtungen, z. B. Polkissen, ausgerüstet sind. Vergleichsweise sind dagegen nur wenige Nerven sowie Lymphgefäße zu finden (Abb. 42).

3.2.1.3.3. Sinus lactifer bzw. Ductus papillaris

Die innere Oberfläche des **Sinus lactifer** ist

in unterschiedlich große Strukturfalten gelegt, so daß das Lumen eingengt wird (Abb. 42, 44A). Das zweischichtige Epithel (Abb. 44B) ist sägeblattähnlich eingezogen. Bei zwei Tieren sind Corpora amylacea zu beobachten, die intraepithelial bis heran an den Übergang des Epithels in den Zitzenkanal vorkommen (Abb. 45).

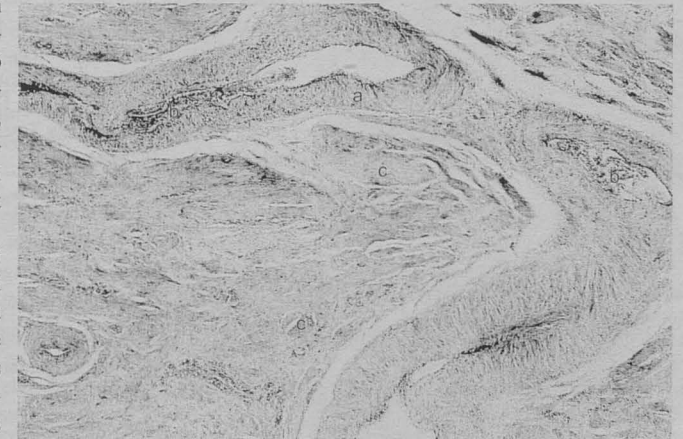


Abb. 43: Anschnitte einer geschlängelt verlaufenden Vene mit verdickter T. media (a) und mehreren Klappen (b), glatte Muskelzellen (c), (die hellen Spalten sind Artefaktbildungen), Hämatoxylin-Eosin, 50x.



Abb. 42: Sinus lactifer (a), Mittelschicht mit Bündeln glatter Muskelzellen (b), mittelgroße Vene (c), Venole mit Klappe (d), Nerv (e), Lymphkapillare (↑), Querschnitt, Hämatoxylin, 50x.

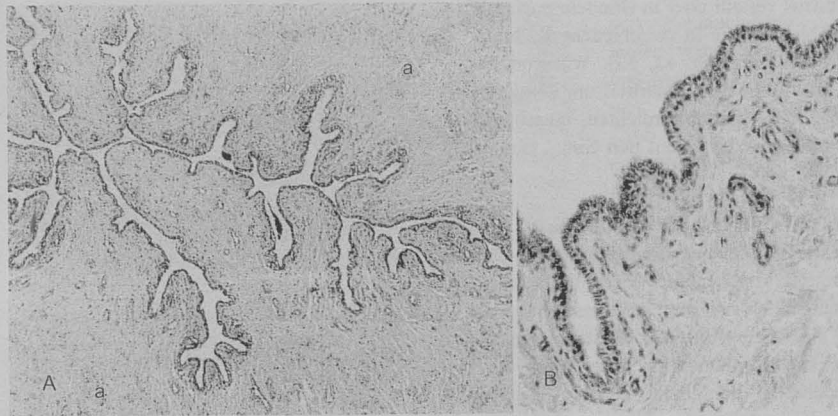


Abb. 44A: Sinus lactifer, glatte Muskelzellen (a), Querschnitt, Hämatoxylin, 50x.

Abb. 44B: Zweischichtiges Epithel des Sinus lactifer, Hämatoxylin-Eosin, 200x.

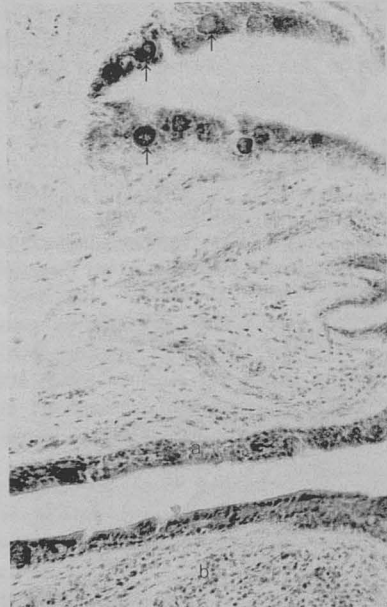


Abb. 45: Zweischichtiges Epithel des Sinus lactifer (a), intraepitheliale Corpora amylacea (↑), Bereich der FÜRSTENBERG-Rosette mit zellulärem Infiltrat (b), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Unter dem Zisternenepithel liegen in nur geringer Anzahl glatte Muskelzellen zwischen feinen kollagenen Fasern eingebettet (Abb. 42, 44A). Akzessorische Milchdrüsenalveolen fehlen dieser Spezies (Abb. 42, 44A, 45). Insgesamt ist eine geringe Dichte an Lymphgefäßen zu verzeichnen (Abb. 42), die jedoch lokal variiert.

Vornehmlich in Längsschnitten des Sinus lactifer werden die bindegewebigen Falten der FÜRSTENBERG-Rosette deutlich, in denen eine erhöhte Zellzahl festzustellen ist (Abb. 45, 46).

Mit einem abrupten Übergang wechselt das Epithel des Sinus lactifer in den **Ductus papillaris** (Abb. 46). Sein im nativen Zustand weißes mehrschichtiges Plattenepithel verhornt ausgesprochen stark (Abb. 46, 47, 48). Als Zeichen dafür sind mehrere Zellagen des Str. granulosum und eine dicke Hornschicht erkennbar. Die Stärke des Epithels bleibt insgesamt von proximal nach distal nahezu konstant.

In dem mit ca. 5-9 Zellagen sehr breiten Str. granulosum treten massiv unterschiedlich große Granula auf (Abb. 47, 48).

Die überwiegend ovalen Zellen des Str. spinosum umfassen ca. 10 Lagen. Stellenweise besteht das Str. basale auch aus mehr als einer Zellschicht (Abb. 47).

Am Ostium papillare geht das mehrschichtige Zitzenkanalepithel kontinuierlich in die Epidermis



Abb. 46: FÜRSTENBERG-Rosette (a), scharfer Wechsel des Epithels in ein mehrschichtiges Plattenepithel beim Übergang in den Ductus papillaris (b), Längsschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.



Abb. 47: Ductus papillaris, Str. corneum (a), Str. granulosum (b), Str. spinosum (c), Str. basale (d), subepithelial glatte Muskelzellen (e), Längsschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 100x.

über. In diesem Gebiet mit ebenfalls starker Verhornung ist zunächst ein ausgesprochen mächtiges Str. granulosum zu beobachten, dessen Anzahl an Zellagen sich mit zunehmender Entfernung vom Ostium papillare reduziert, synchron der Epithelhöhe insgesamt (Abb. 48).

Hohe schlanke Papillen bewirken eine feste Verankerung des Epithels auf der bindegewebigen Unterlage. Sie weisen spitzwinklig in Richtung des Ostium papillare (Abb. 47, 48).

Im Bindegewebe am Ostium papillare kommen bei drei Tieren außerdem viele mittelgroße dickwandige Venolen vor (Abb. 48, 49). Zudem liegen, individuell leicht unterschiedlich, im subepithelialen

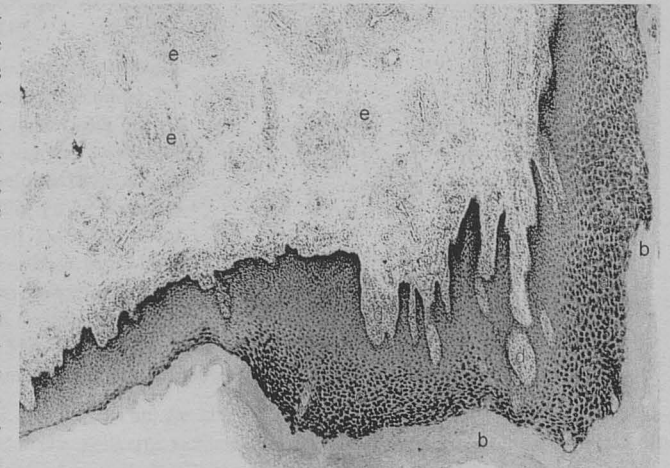


Abb. 48: Zitzenkanalepithel mit breitem Str. granulosum (a) und Str. corneum (b), Epidermis am Ostium papillare (c), Papillen (d), Anhäufung dickwandiger Venolen (e), Längsschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Bindegewebe des Ductus papillaris glatte Muskelzellen in ungewöhnlich großer Dichte (Abb. 49), so daß es gerechtfertigt ist, sie in ihrer funktionellen Gesamtheit als den M. sphincter papillae zusammenzufassen.

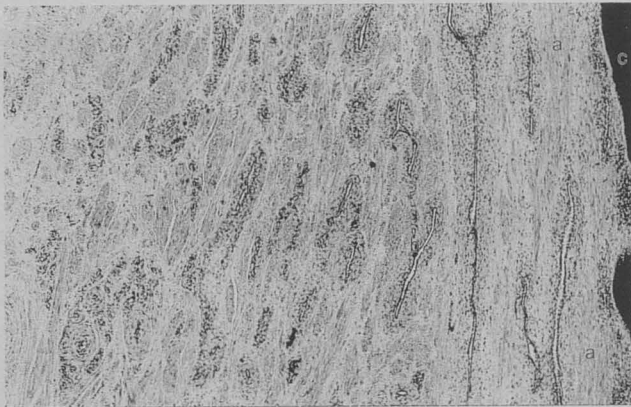


Abb. 49: Subepitheliales Bindegewebe, M. sphincter papillae (a), Arteriolen und Venolen (b), Ductus papillaris-Epithel (c), Längsschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

3.2.2. Milchdrüse des Pferdes

3.2.2.1. Euterhaut

Alle untersuchten Abschnitte der Euterhaut (Entnahmestellen ersichtlich in Abb. 5, S. 43) stimmen grundsätzlich in ihrem histologischen Aufbau überein. Im Bereich der Milchdrüse des Pferdes trifft man mit Ausnahme der Zitze eine fein behaarte sowie stark pigmentierte Haut an. Aufgrund der beobachteten Modifikationen lassen sich folgende verschiedene Areale einteilen:

- Haut der Mammarkomplexe,
- Haut des Sulcus intermammaris,
- Zitzenhaut.

Die Ergebnisse zur Haut der Zitzen werden unter 3.2.2.3. gesondert dargestellt.

Haut der Mammarkomplexe

Die Epidermis (Abb. 50) besteht aus einem mehrschichtigen verhornten Plattenepithel, dessen Schichten wie gewöhnlich aus Differenzierungsstufen von Keratinozyten bestehen. Die Dicke der Epidermis variiert regional und wird wesentlich vom Grad der Verhornung bestimmt. Es sind vier Zellschichten zu unterscheiden.

Die kontinuierliche Zellage des Str. basale setzt sich aus hochprismatischen, z. T. auch polymorphen Zellen zusammen, die einer Lam. basalis aufsitzen, stark pigmentiert sind und eine vertikale Ausrichtung erfahren (Abb. 51A, 51B).

Das Str. spinosum wird aus einer wechselnden Anzahl von Zellagen gebildet. Die Längsachse der Kerne richtet sich mit zunehmender Entfernung von der Basalmembran parallel zur Epitheloberfläche aus. Es kommen verhältnismäßig große Keratinozyten mit einem hellen Zytoplasma vor. Zwischen den Zellen bestehen weite Interzellularräume. Da man hauptsächlich im Str. basale, aber auch im Str. spinosum Melaningranula (Abb. 51A, 51B, 51C, 52) findet, handelt es sich um pigmentierte Hautareale.

Es schließt sich das Str. granulosum an, das aus ein bis maximal drei Reihen langgestreckter abgeflachter Zellen besteht. Die Zellkerne richten sich ebenfalls parallel zur Oberfläche aus. Ihr Zytoplasma beherbergt feine basophile Keratohyalin granula (Abb. 51B, 51C).

In der Haut der Milchdrüse der Stute ist ein Str. lucidum nicht vorhanden. Das Str. corneum besteht aus abgelösten locker aufliegenden devitalen Hornlamellen (Abb. 51B, 51C).



Abb. 50: Haut der Drüsenkörper, Epidermis (a), Haarfollikel mit Talgdrüse (b), Dermis, Str. superficiale (c), Str. profundum dermidis (d), apokrine Drüsenendstücke (e) und Ductus excretorius (Δ), Arteriole (f), Hämatoxylin-Eosin, 50x.

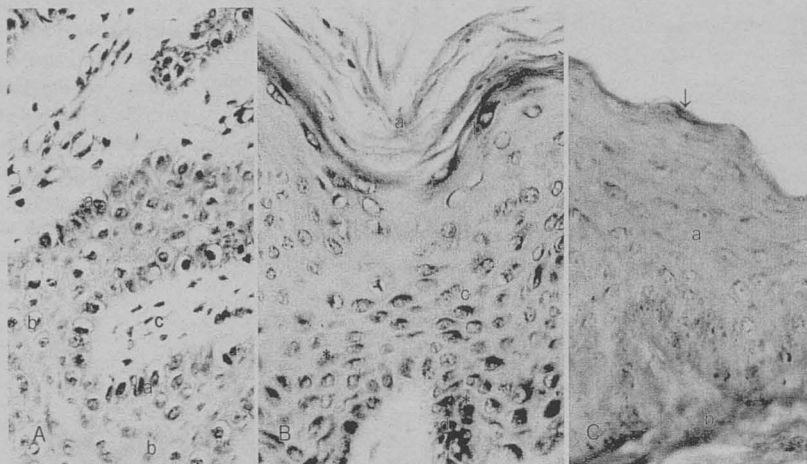


Abb. 51A: Epidermis, stark pigmentierte Str. basale (a), Melanozyt (\uparrow), Str. spinosum (b), kapillarisierete Koriumpapille (c), Flachschnitt, Toluidinblau, 400x.

Abb. 51B: Str. corneum (a), Str. granulosum (b), Str. spinosum (c) und Str. basale (d), z. T. mit Melaninkörnchen (*), Kresylechtviolett, 400x.

Abb. 51C: Epidermis (a), Str. corneum (\downarrow), kollagene Fasern (b), Azan, 400x.

Für die Vergrößerung der Haftfläche mit der Dermis sorgt das Corpus papillare (Abb. 63), das stellenweise aus flachen Papillen besteht. Darauf folgt das Str. superficiale dermidis, was sich aus lockerem Bindegewebe mit einem ausgesprochen feinen Kollagenfaserwerk zusammensetzt (Abb. 50) und von elastischen Fasern ergänzt wird. Unmittelbar subepithelial findet man eine Vielzahl bogenförmig verlaufender Kapillaren (Abb. 51A) z. T. mit perivaskulärem Infiltrat. Das Str. superficiale ist zellreich.

Sehr zahlreich sind Mm. arrectores pilorum ausgebildet. Die glatten Muskelzellen weisen ein dichtes kräftig anfärbbares Sarkoplasma sowie jeweils einen langgestreckten spindelförmigen Zellkern auf (Abb. 55). Die Haarbalgmuskeln nehmen ihren Ursprung am elastischen Netz des Str. superficiale und inserieren an der äußeren Wurzelscheide im Bereich der Haarpapille unterhalb der Gl. sebacea. Der M. arrector pili zieht schräg abwärts und befindet sich ausnahmslos auf der Seite der Haarneigung (Abb. 52).



Abb. 52: M. arrector pili (a), Haarfollikel (b), Talgdrüse (c), Epidermis (d), Ausführungsgang (\uparrow) und Pore (e) einer Gl. sudorifera apocrinae, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

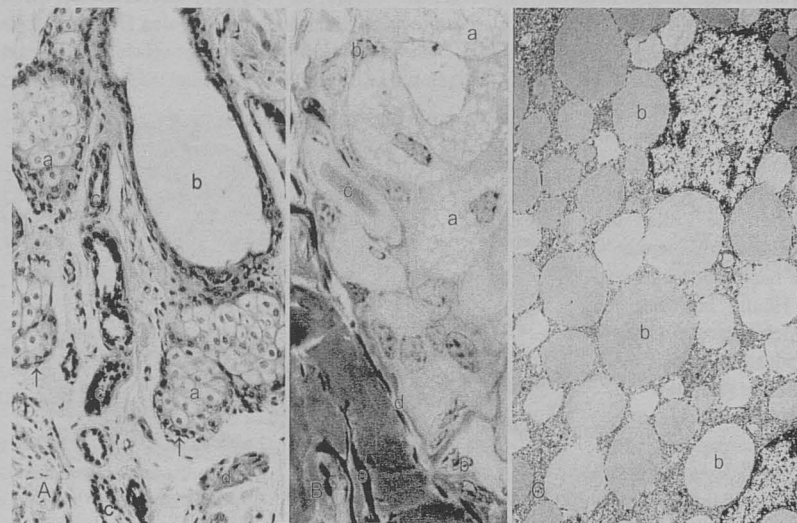


Abb. 53A: Alveoli der Talgdrüse (a), Basalzellen (\uparrow), Haarfollikel (b), geschlängelt verlaufender Ductus excretorius der Schlauchdrüse (c), M. arrector pili (d), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Abb. 53B: Talgdrüse, stark vakuolierte Talgzelle (a), periphere Matrixzelle (b), Blutkapillare mit Erythrozyt (c), Basalmembran (d), elastische Fasern (e), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 53C: Degenerierende Talgzelle, Zellkern mit beginnender Pyknose (a), zahlreiche unterschiedlich elektronendichte Lipidtröpfchen (b), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

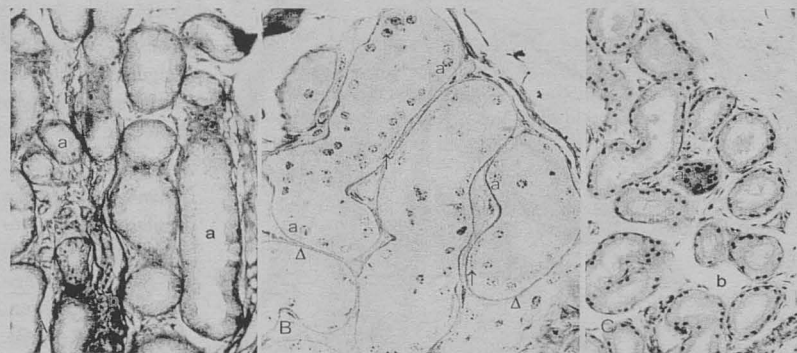


Abb. 54A: Apokrine Schlauchdrüse, Endstücken (a), kollagene Fasern (b), Azan, 200x.

Abb. 54B: Drüsenzelle (a), Myoepithelzelle (\uparrow), Basalmembran (Δ), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 400x.

Abb. 54C: Azinus im Flachschnitt (a), intraglanduläre Lymphkapillare (b), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

In ihrem Aufbau entsprechen die Haare einschließlich der Haarbälge denen der übrigen äußeren Haut (Abb. 50, 52). Es bestehen jedoch geringgradige individuelle Unterschiede hinsichtlich der Länge und Dichte der Behaarung der Stutenmilchdrüse.

Die polyptychen mehrlappigen Talgdrüsen fallen durch ihre Größe auf. Sie münden über einen kurzen Ausführungsgang in den Haarbalg ein (Abb. 52, 56A) und liegen bei dieser Tierart meist auf beiden Seiten des Haarfollikels. Peripher ordnen sich die großen polygonalen Drüsenepithelzellen dichter als zentral an (Abb. 53A, 53B). Eine relativ kräftige Bindegewebshülle begrenzt die Drüse nach außen (Abb. 53A). Nach und nach füllen Lipidtröpfchen verschiedener Größe das Zytoplasma. Die Zellen degenerieren, was sich u. a. an dem pyknotischen Zellkern manifestiert (Abb. 53C). Schließlich zerfallen die Zellen des vielschichtigen Drüsenepithels, wenn sie nach zentral bewegt werden. Häufig befindet sich in der Lichtung des Drüsenendstücks azidophiles lipidhaltiges Sekret (Sebum).

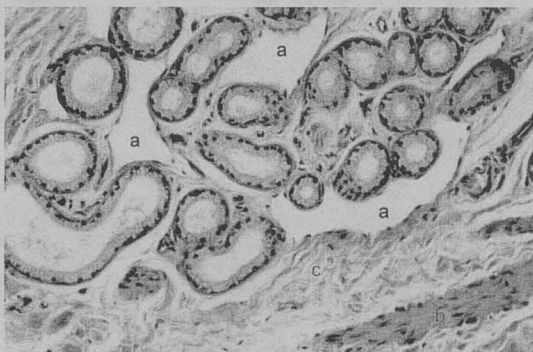


Abb. 55: Apokrine Schlauchdrüse, Lymphkapillare zwischen den Endstücken (a), M. arrector pili (b), kollagene Fasern (c), Trichrom, 200x.

Basal der Haarpapillen befinden sich im Übergangsbereich vom Str. superficiale dermis ins Str. profundum zahlreiche

schlauchförmige apokrine Drüsen, die in nestähnlich abgegrenzter Anordnung auftreten (Abb. 50, 66). Ihr Vorkommen ist, ebenso wie das der Talgdrüsen, stets an eine Haaranlage gebunden.

Die azinös erweiterten Endstücke besitzen ein einschichtiges Epithel aus isoprismatischen Drüsenepithelzellen (Abb. 54A, 54B, 54C). In Abhängigkeit von ihrem Funktionszustand wechselt die Gestalt der Epithelzellen, so daß z. B. während der Sekretionsphase kuppelartige Vorwölbungen in die



Abb. 56A: Apokrine Schlauchdrüse mit Azini (a) und Ausführungsgang (↑), Gl. sebacea (b), Haarfollikel (c), Epidermis (d), Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Abb. 56B: Ausführungsgang (↑), Läppchen der Talgdrüse (a), Haarfollikel (b), Hämatoxylin-Eosin, 400x.



Abb. 57: Neurovaskuläres Bündel im Str. profundum dermis, Arteriole (a), Venole (b), zahlreiche lymphatische Präkollektoren (c), Nerv (↑), Hämatoxylin-Eosin, 50x.

der Drüse (Abb. 55) vaskuläre Strukturen vor, bei denen es sich um Lymphgefäße handelt (Abb. 54C, 55). Auch konnte des öfteren beobachtet werden, daß Nervenfasern in unmittelbarer Drüsennähe verlaufen. Zudem ziehen gelegentlich glatte Muskelzellen zwischen die Azini.

Die Drüsenepithelzellen werden von spindelför-

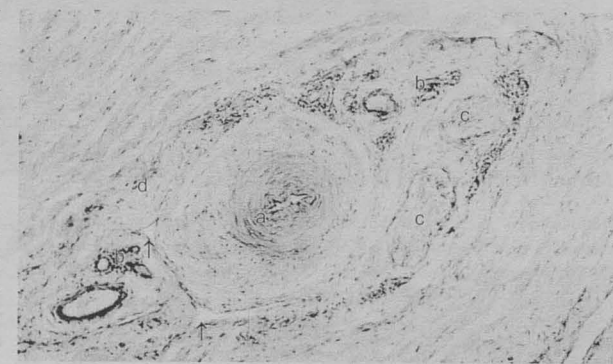


Abb. 58: HOYER-GROSSER-Organ, muskuläre Arterie (a), arteriovenöse Kanäle (b), Nervenfasern (c), bindegewebige Kapsel (d), Lymphkapillare (↑), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

migen (Abb. 54B) azidophilen (Abb. 54C) Myoepithelzellen unterlagert. Darauf folgt eine Basalmembran (Abb. 54B).

Selten gelingt es, den Ausführungsgang der Drüse aufzufinden. Er entsteht kontinuierlich aus einem Endstück unter Verjüngung der Lumenweite (Abb. 52, 56A, 56B). In seinem weiteren Verlauf zieht er, zunächst zwei- bis dreischichtig, dann mit mehrschichtigem Plattenepithel ausgekleidet, parallel zum Haarfollikel (Abb. 52) unmittelbar an der Talgdrüse vorbei (Abb. 53A, 56A, 56B) und mündet mit einer Pore nahe des Haars auf der Hautoberfläche (Abb. 52).

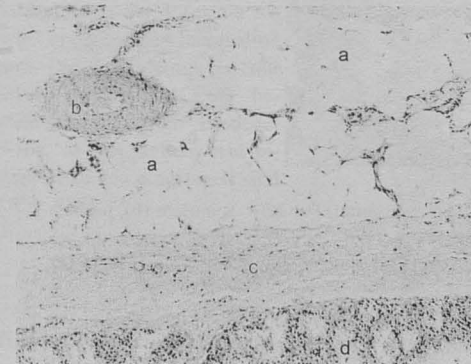


Abb. 59: Hypodermis, Adipozyt (a), Arteriole (b), dichte kollagene Fasern (c), Milchdrüsenalveolen (d), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Der Übergang vom Str. superficiale dermidis ins Str. profundum wird durch die unterschiedliche Ausbildung kollagener Fasern markiert, die sich im Str. profundum zu dickeren Bündeln zusammenschließen (Abb. 50). Zwischen den Bündeln verlaufen elastische Fasernetze und Blutgefäße. Größere Gefäße liegen in den tiefen Schichten der Dermis. Vielfach weisen Venolen im Bereich des Str. superficiale Klappen auf.



Abb. 60: Milchrüse einer Stute, ventrale Ansicht, Sulcus intermammarius mit schwarzem Belag (a), linke Zitze mit den beiden Ostia papillaria (↑).

Bei dieser Tierart kommen im Str. superficiale in sehr hoher Dichte Lymphgefäße vor. Gehäuft sind sie um neurovaskuläre Bündel zu beobachten (Abb. 57). Wie gewöhnlich laufen im lockeren Bindegewebe zu- und abführende Gefäße sowie die Nerven eines Gewebereiches nebeneinander in Form neurovaskulärer Bündel (Abb. 50, 57). Um diese verdichten sich peripher feine kollagene Fasern.

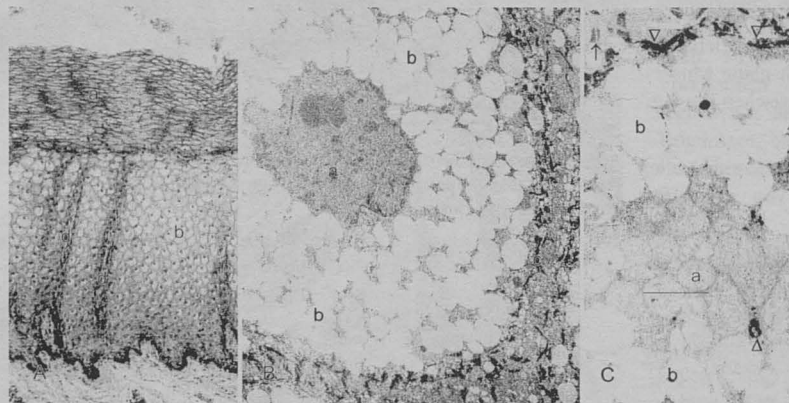


Abb. 61A: Epidermis im Sulcus intermammarius, Str. corneum (a) und Str. spinosum (b), pigmentiertes Str. basale (c), tiefe Papille (d), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Abb. 61B: Str. spinosum, Keratinozyt, Zellkern (a), Lipidvakuolen (b), Tonofilamentbündel (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Abb. 61C: Str. spinosum, Zytoplasma mit Sekretvesikeln (a) Melanosom (Δ) und Lipidvakuolen (b), Desmosom (↑), Bündel aus Intermediärfilamenten (V), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

Einige wenige Blutgefäße im Str. profundum sind speziell als HOYER-GROSSER-Organ entwickelt

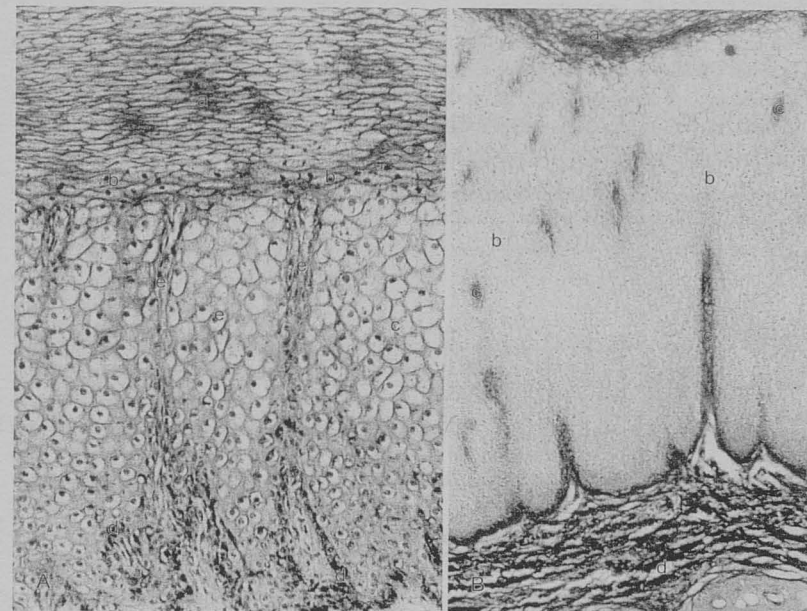


Abb. 62A: Epidermis des Sulcus intermammarius, Str. corneum (a), Schicht flacher, kernhaltiger Zellen (b), Str. spinosum (c), pigmentiertes Str. basale (d), Papille mit Blutkapillaren (e), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Abb. 62B: Str. corneum (a), extrem vielschichtiges Str. spinosum (b), Papille (c), kollagene Fasern des Str. superficiale dermidis (d), Azan, 100x.

(Abb. 58). Diese kreislaufregulatorische Einrichtung zeichnet sich durch eine aufgeknäulte Gefäßstrecke, eine bindegewebige Kapsel, zahlreiche Epitheloidzellen in der T. media sowie eine reiche Innervation aus. Die Hypodermis ist nur schwach entwickelt. Sie besteht aus lockerem Bindegewebe, in das stellenweise einige Fettzellen eingelagert sind (Abb. 59).



Haut des Sulcus intermammarius

Abb. 63: Str. spinosum, Interzellularräume (*), Papille mit Blutkapillaren (a), Flachschnitt, Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

liegt, schon makroskopisch erkennbar, ein schmieriger schwarzer Belag auf (Abb. 60), der talgähnliche Konsistenz besitzt.

Aufgrund einiger Charakteristika unterscheidet sich die Epidermis von der bereits besprochenen äußeren Haut der Milchdrüse. So ist das gesamte mehrschichtige Plattenepithel beträchtlich dicker, was zum einen auf ausgesprochen große Keratinozyten zurückzuführen ist. Zum anderen bestehen sowohl das Str. spinosum als auch das Str. corneum aus einer größeren Anzahl von Zellen (Abb. 61A), im Vergleich zur übrigen Euterhaut.

Das Str. corneum erreicht eine beträchtliche Stärke, da sich die Korneozyten stellenweise in 60-

70 flachen Lagen aufschichten (Abb. 61A, 62A). Oft enthalten die kernlosen Zellen sehr feine Pigmentgranula.

Nach Auffassung des Autors kommen als Str. granulosum lediglich die ein bis zwei Lagen sehr flacher kleiner Zellen mit geschrumpftem Kern parallel der Oberfläche unter dem Str. corneum in Frage. Typische Keratohyalin granula können nicht beobachtet werden (Abb. 61A, 62B).

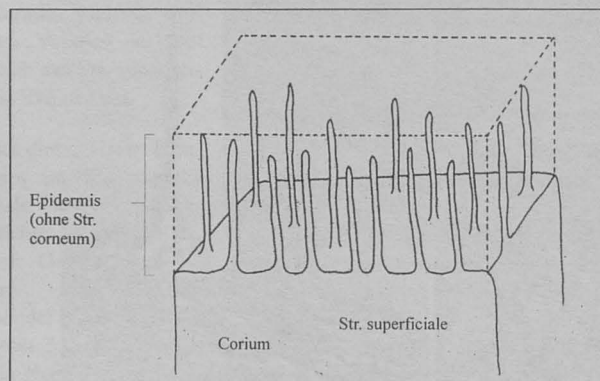


Abb. 64: Schematische Darstellung der räumlichen Anordnung des Corpus papillare im Sulcus intermammaris des Pferdes.

In dem ca. 10-35 Lagen umfassenden Str. spinosum findet man helle Zellen vor, deren Zellgrenzen deutlich hervortreten (Abb. 61A, 62A, 62B). Die blassen Keratinozyten weisen eine unregelmäßig polygonale Form sowie einen Kern auf, der größer als in anderen Regionen ist. Im Zytoplasma sind reichlich kleine bis mittlere Vakuolen enthalten (Abb. 61B, 63), die aus Sekretvesikeln entstehen (Abb. 61C). Die Lipidvakuolen bedingen, daß der Zellkern regelmäßig eingedellt ist.

Zwischen den Zellen werden nur schmale Interzellularräume sichtbar. Im unteren Drittel der Schicht reagiert das Zytoplasma stärker azidophil (Abb. 61A). Vornehmlich in den oberen Lagen enthalten die Zellen lichtmikroskopisch sichtbar zahlreiche feinstaubige Pigmentgranula (Abb. 62A).

Oftmals sind die kubischen Zellen des Str. basale massiv mit Melaningranula (Abb. 61A, 62A) und Tonofibrillen (Abb. 61C) ausgefüllt.

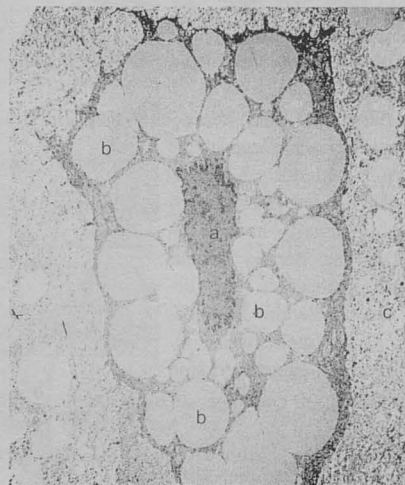


Abb. 65: Gl. sebacea, dunkle Drüsenzelle mit kondensiertem Zytoplasma und Zellkern (a), verschieden große runde Lipidtropfen (b), helle Talgzelle (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

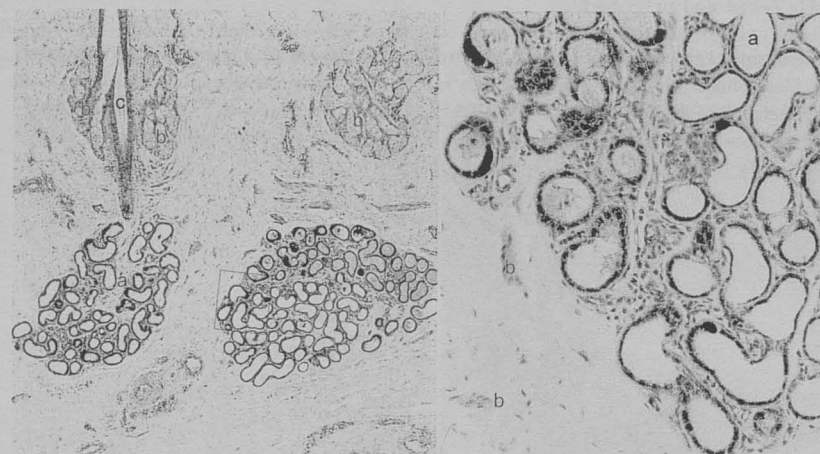


Abb. 66: Partiiell pigmentierte Schlauchdrüse (a), Gl. sebacea (b), Haarfollikel (c), Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Einsatz: Detailvergrößerung aus Abb. 66, stark pigmentierte Epithelzellen der Schlauchdrüse (↑), weniger pigmentierte Endstücke (a), glatte Muskelzellen (b), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Aufgrund seiner besonderen Ausbildung zählt das Corpus papillare zu den herausragenden histologischen Strukturen in diesem Hautabschnitt. Als sehr schmale Gebilde penetrieren die Papillen beinahe durch das gesamte Epithelium und enden unmittelbar eine oder wenige Zellagen unterhalb des Str. corneum (Abb. 61A, 62A, 62B). Man kann sie lichtmikroskopisch auch am Auftreten von Erythrozyten und somit am Vorhandensein von Blutkapillaren identifizieren (Abb. 62A, 63). Mit der Abbildung 64 wird versucht, eine bessere räumliche Vorstellung von der Anordnung der Papillen zu vermitteln.

Dem nur gering ausgebildeten Str. superficiale folgt das Str. profundum dermidis. Es besteht aus groben kollagenen Faserbündeln, die im oberen Bereich verschiedene Verlaufsrichtungen einnehmen und nach zentral ein paralleles Arrangement erfahren. Bei einem Tier (Pferd 5) sind neben zahlreichen Lymphgefäßen und klappenreichen Venen auch Fettzellen zu beobachten.

In diesem Hautareal verhalten sich die Gl. sebaceae morphologisch wie die in der Haut der Mammarkomplexe. Während die Talgzellen nach zentral vorrücken, nimmt ihr Gehalt an runden Fettröpfchen zu, das Zytoplasma wird allmählich

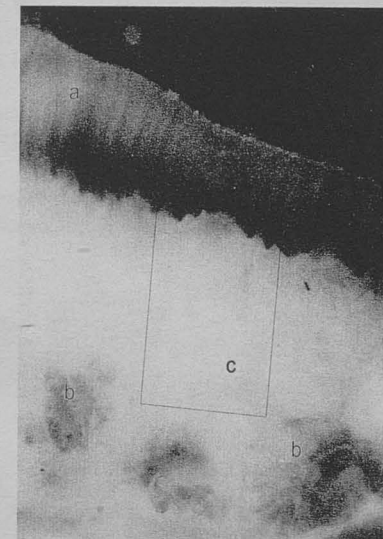


Abb. 67: Integumentum commune des Sulcus intermammaris, Epidermis (a), pigmentierte Schlauchdrüse (b), weiße Talgzelle (c), Auflichtfoto, Nativpräparat, 16x.

elektronendichter, das Chromatin des Zellkerns kondensiert. Er wird pyknotisch (Abb. 65). Helle und dunkle Zellen sind zu beobachten.

Bei den apokrin sezernierenden Schlauchdrüsen fällt auf, daß sie sich teilweise deutlich unterhalb der Haarfollikel befinden. Hauptsächlich im basalen Zytoplasmabereich enthalten deren Drüsenepithelzellen Pigmentgranula. Doch sind nicht in allen Endstücken einer Drüse Melaninkörnchen sichtbar (Abb. 66). Bereits makroskopisch verfärbt die Pigmentierung die gesamte Drüse (Abb. 67).

3.2.2.2. Drüsengewebe

Bei der **laktierenden** Milchdrüse entfalten sich die wenigen verhältnismäßig runden Alveolen zu maximaler Größe und beeinflussen sich gegenseitig in ihrer Form (Abb. 68A). Interalveolär ist

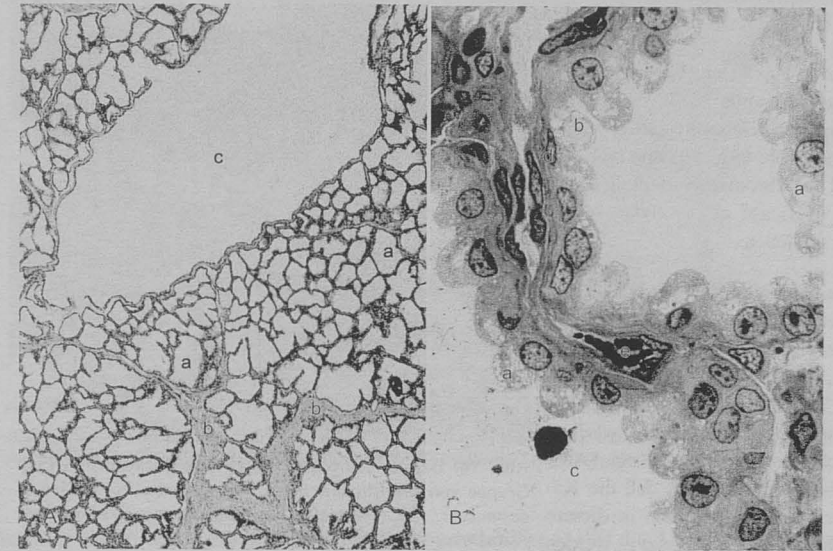


Abb. 68A: Drüsengewebe, laktierend, Alveole (a), Interstitium (b), Ductus lactifer (c), Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Abb. 68B: Hochprismatische Drüsenzelle mit luminaler Protrusion und Vakuolen (a), großer Fetttröpfchen (b), Sekret (c), Myoepithelzelle (d), Venole (e), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

folgerichtig ein lediglich schmales Interstitium ausgebildet, das neben dem Kapillarnetz Lymphgefäße, Mastzellen (Abb. 70) sowie neutrophile Granulozyten enthält, jedoch keine markhaltigen

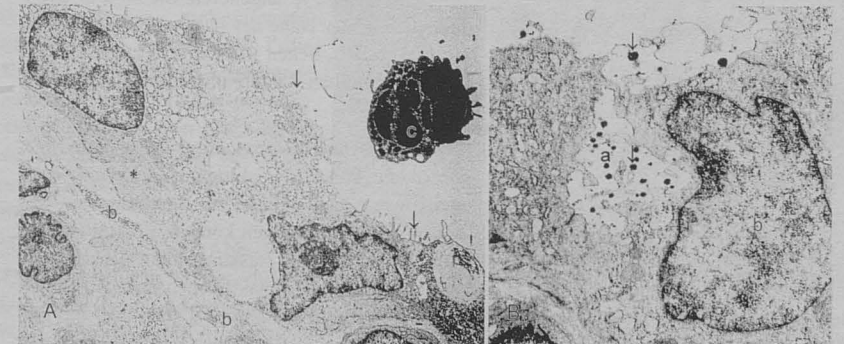


Abb. 69A: Alveolarepithel, Laktozyt mit Mikrovilli (↓) und Nukleolus (a), Myoepithelzelle (*), Interstitium (b), Alveolarlumen mit neutrophilem Granulozyt (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

Abb. 69B: Einsenkung der apikalen Zellmembran (a), Zellkern (b), Proteine (↓), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

Nervenfaser (Abb. 68B).

Das Drüsenepithel besteht aus hochprismatischen Alveolarepithelzellen. Innerhalb einer Alveole können benachbarte Zellen auch isoprismatisch, flach und ohne Vorwölbungen sein. Häufig sind jedoch kuppelförmige Protrusionen ausgebildet (Abb. 68B), über die in das Lumen u. a. Protein-granula abgegeben werden.

Der ovale, z. T. ein wenig unregelmäßig geformte Zellkern enthält gelegentlich einen netzartigen Nukleolus (Abb. 69A, 79) und läßt aufgrund der Chromatinverteilung (Abb. 69A, 69B) auf aktive Syntheseprozesse schließen.

An der apikalen Zellmembran differenzieren sich vornehmlich im Grenzbereich zur Nachbarzellen lange, schlanke Mikrovilli (Abb. 69A, 71). Stellenweise senkt sich die Zellmembran im Abschnitt zwischen benachbarten Zellen tief ein (Abb. 71), und es scheint so, daß die Kaseingranula hauptsächlich in diesem Zellabschnitt freigesetzt werden (Abb. 69B).

Das supranukleäre Zytoplasma füllen Mitochondrien, zahlreiche Vesikel, Lipidtropfen und rER aus (Abb. 69B, 70), wobei keine ausgeprägte Polarität der Zellen auftritt, da das rER zwar reichlich, jedoch diffus und nicht ausschließlich basal verteilt vorkommt (Abb. 69A).

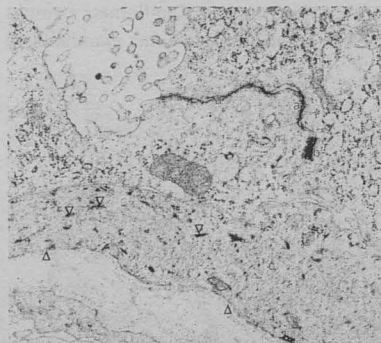


Abb. 71: Haftstrukturen-Komplex aus Zonula adherens (a) sowie Desmosom (b), Myoepithelzelle (c), Befestigungsplatte (V), Basallamina (Δ), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

Sehr formenreich, z. T. langgestreckt und gekrümmt (Abb. 79) zeigen sich die Mitochondrien, die dem Crista-Typ angehören. Sie sind in Gruppen auch in der Nähe der basalen Faltung lokalisiert (Abb. 70), liegen jedoch nicht zwischen diesen engen feinen Membraninvaginationen (Abb. 71).

Die Laktozyten besitzen ein basales Labyrinth, wobei die Falten der abluminalen Zellmembran stellenweise auch parallel zur Basalmembran verlaufen. Die Einfaltungen können u. U. auf langer Strecke entlang der Basalmembran vorkommen, aber nicht an den Kontaktflächen zur Myoepithelzelle. In geringer Ausdehnung setzt sich die Faltung auf die seitliche Zellmembran fort und bildet Interdigitationen (Abb. 70, 82).

Der apikal lokalisierte Haftstruktur-Komplex zieht relativ weit basalmembranwärts und findet stets durch ein Desmosom seinen Abschluß (Abb. 71).

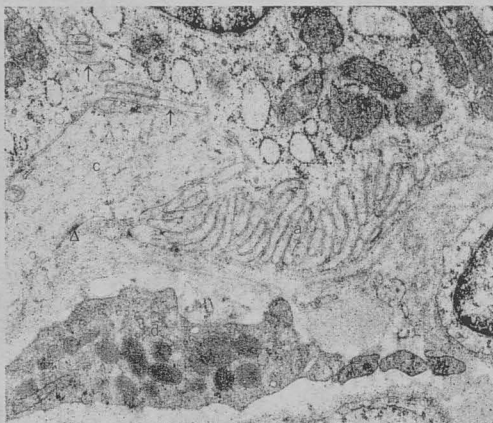


Abb. 70: Basales Labyrinth (a), laterale Zellmembran (↑), Gruppe von Mitochondrien (b), Myoepithelzelle (c), Hemidesmosom (Δ), Mastzelle (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 12 000x.

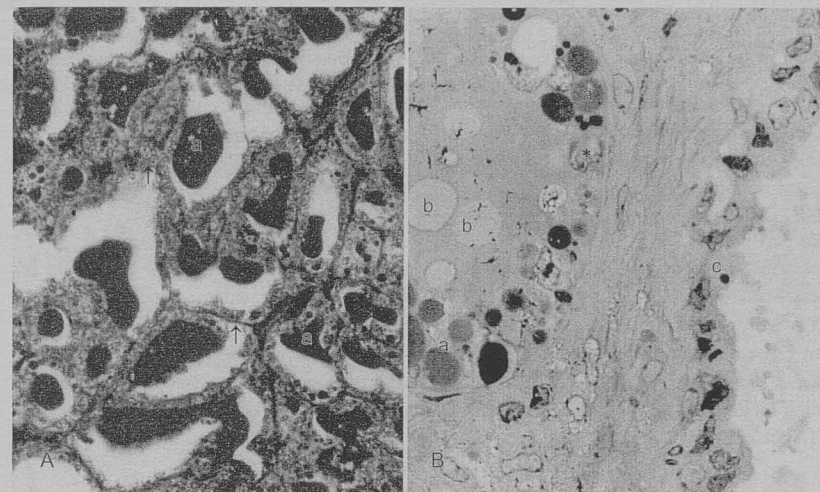


Abb. 72A: Drüsengewebe, Alveole voller Kolostrum (a), spärliches Interstitium (↑), Azan, 200x.

Abb. 72B: Alveole, aktive Drüsenzelle mit Proteingranula gefüllt (a), inaktive Zelle (*), Lipidtropfen im Lumen (b), Epithel des Ductus lactifer (c), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Auch bei der Milchdrüse in der **Kolostralmilchperiode** (Tier 4) sind die Alveolen zu maximaler Größe entfaltet, und es ist ein dünnes interalveoläres Interstitium zu erkennen (Abb. 72A), das außerdem besonders reichlich vaskularisiert ist.

Das Lumen der Alveolen ist mit zellfreiem Kolostrum gefüllt (Abb. 72A, 73), in dem wenige runde Fetttropfen sichtbar sind (Abb. 72B).

Die Alveolarepithelzellen erfahren im Rahmen der Sekretionsprozesse einen tiefgreifenden Struktur- und Formwandel. Prinzipiell sind in diesem Laktationsabschnitt zwei unterschiedliche Zustandsformen von Laktozyten zu unterscheiden, die nebeneinander in den Alveolen vorkommen.

Die **aktiven** Zellen (Abb. 72B, 73) zeichnet ein großer, heller, euchromatinreicher Kern aus, der bis 2 Kernkörperchen enthalten kann. Die Form des Zellkernes reicht von oval, rund bis schwach unregelmäßig. In dem hellen organellenarmen Zytoplasma findet man große Mitochondrien sowie

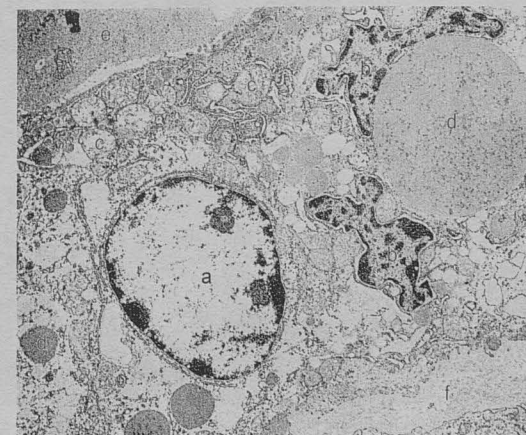


Abb. 73: Alveolarepithel, aktiver Laktozyt mit großem Kern (a), kondensierter Zellkern des dunklen Laktozyten (b), Mitochondrium (c), Proteingranula (d), Lumen (e), Interstitium (f), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

langgestreckte Zisternen des rER, jedoch relativ wenige. An der luminalen Zellmembran sind kurze spärliche Mikrovilli zu beobachten, während die basale Zellmembran keine Einfaltung erfährt. Vornehmlich apikal treten zahlreiche kleine Vakuolen auf.

Dagegen ist in den inaktiven Laktozyten (Abb. 72B, 73, 80) nur ein kleiner dunkler Zellkern präsent, der in sehr unregelmäßigen Formen auftritt und auch stark verschmälert sein kann. Neben kondensiertem Chromatin besitzt er eine verbreiterte perinukleäre Zisterne und zudem tiefe Einkerbungen, in die Zytoplasma hinzieht (Abb. 80). Mitochondrien und diffus verteilte Proteine füllen das Zytoplasma aus.

Wie bereits erwähnt, sind Eiweiße in beiden Zellen vorhanden. Dabei kommen die mäßig bis stark elektronendichten Proteingranula zwar in sehr unterschiedlicher, jedoch stets außerordentlicher Größe vor. Nicht immer sind sie homogen, sondern granuliert und verschieden elektronendicht. Im Extremfall ist ein Granulum größer als der Zellkern, deformiert ihn und erstreckt sich über nahezu die Hälfte der Zelle (Abb. 73). Intrazellulär finden sich hauptsächlich im basalen Zellbereich kleine Lipidtropfen. Das Sekret in den Lumina enthält dagegen oft mittelgroße Fettropfen (Abb. 72B).

In der **nicht-laktierenden** Milchdrüse liegen geschrumpfte, nicht entfaltete Alveolen, die kein oder lediglich ein sehr kleines Alveolarlumen aufweisen (Abb. 74B, 74C, 75B) in kleinen Lobuli (Abb. 74A). Häufig findet man im Lumen ein zelluläres Sekret. Die intralobulären Milchgänge

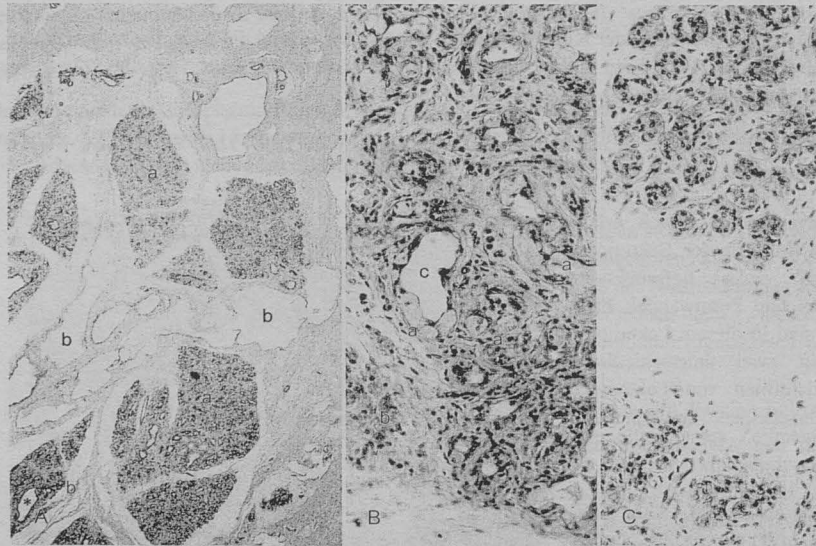


Abb. 74A: Geschrumpfter Lobulus gll. mammae (a), intralobulärer Milchgang (*), interlobäres Bindegewebe mit zahlreichen Lymphgefäßen (b), Hämatoxylin-Eosin, 25x.

Abb. 74B: Drüsengewebe, Ceroid-Vorkommen in den Laktozyten der unentfalteten Alveolen (a) und im Interstitium (b), kleiner Milchgang (c), Trichrom, 200x.

Abb. 74C: Drüsengewebe, stark PAS-positives Ceroid in den Alveolen (*), PAS, 200x.

sind erkennbar (Abb. 74A).

Im interlobulären Interstitium besteht ein bemerkenswerter Reichtum an Lymphgefäßen. Die Gefäße sind regelmäßig mit Klappen ausgerüstet (Abb. 74A). Außerdem sind im interalveolären, lokal auch nur schmalen Bindegewebe Lymphkapillaren vorhanden (Abb. 75B), wobei der bindegewebige Flächenanteil gegenüber dem laktierenden Drüsengewebe deutlich zugenommen

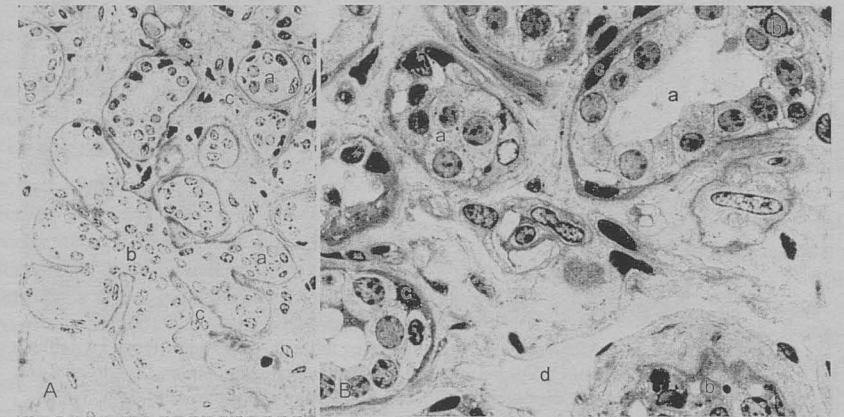


Abb. 75A: Drüsengewebe, Alveole (a), Ductus alveolaris (b), interstitiellen Bindegewebe (c), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 400x.

Abb. 75B: Alveole (a), Ceroid (b), Myoepithelzelle (c), Lymphkapillare im interalveolären Bindegewebe (d), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

hat (Abb. 74A, 75B).

Sowohl intra- als auch extraalveolär sind stellenweise massive Ceroid-Vorkommen im interstitiellen Bindegewebe zu beobachten (Abb. 74B, 74C, 75B).

Die räumliche Organisation der Alveolen tritt z. T. in der Weise zu Tage, daß die Endstücke ähnlich einem Kleeblatt über den gemeinsamen Ductus alveolaris als ausgebuchtete Formationen zusammenhängen (Abb. 75A).

Der ovale Zellkern der isoprismatischen Drüsenzellen ist durch seine verhältnismäßig glatte Oberfläche (Abb. 75B) und sein unauffälliges Chromatinercheinungsbild (Abb. 76) gekennzeichnet. Teilweise wird er leicht eingedellt (Abb. 76, 77B).

Die Laktozyten besitzen ein helles organellenarmes Zytoplasma, das kaum rER und nur

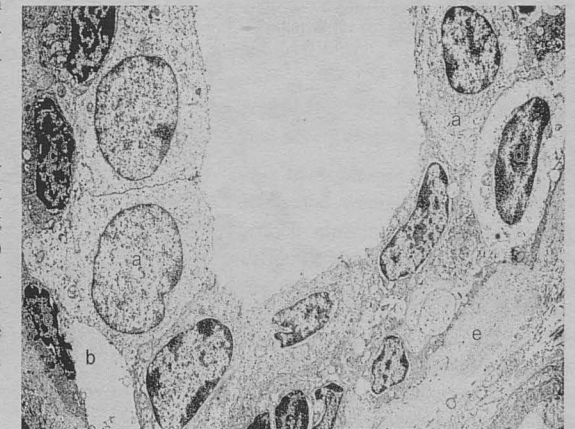


Abb. 76: Alveolarepithelzelle (a), Vakuole (b), Myoepithelzelle (c), Lymphozyt (d), intralobuläres Bindegewebe (e), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

vereinzelte geschwollene Mitochondrien enthält (Abb. 76).

Die Ausbildung eines basalen Labyrinths in den Drüsenzellen dieser Endstücke in der Involution kann nicht festgestellt werden. Im basalen Zellabschnitt treten gelegentlich große Vakuolen und Lymphozyten auf (Abb. 75B, 76).

An der luminalen Zellmembran findet man mittellange stummelförmige Mikrovilli ausgebildet. Haftstrukturen sind stets vorhanden (Abb. 76).

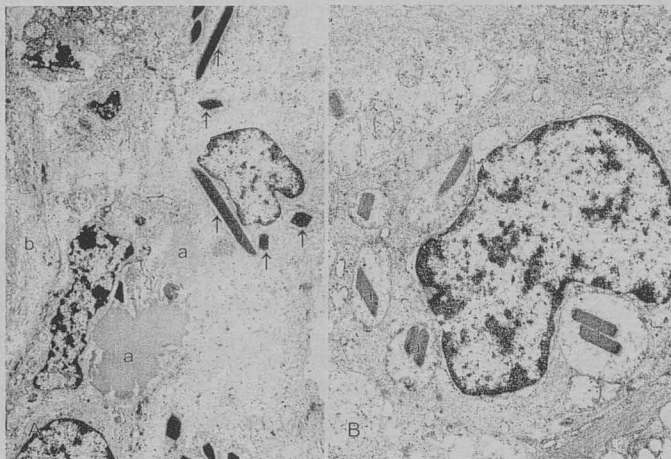


Abb. 77A: Mehrere Alveolarepithelzellen mit z. T. längs getroffenen kristallinen Einschlüssen (↑), Epithelzelle mit unterschiedlich osmiophilen Lipidtropfen (a), interalveoläres Bindegewebe (b), elektronenmikroskopische Aufnahme, 5 000x.

Abb. 77B: Alveolarepithelzelle, membranumhüllte kristalline Einschlüsse (a), Zellkern (b), elektronenmikroskopische Aufnahme, 9 000x.

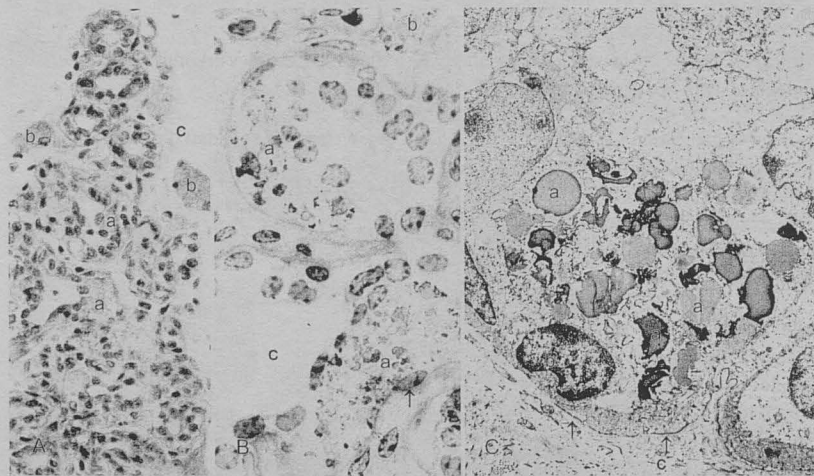


Abb. 78A: Drüsengewebe, intra- (a) und extraalveoläre (b) Zellen mit gelbbraunem Ceroid, Bindegewebe (c), Hämatoxylin-Eosin, 400x.

Abb. 78B: Intraepitheliales (a) und extraalveoläres (b) Ceroid, Lumen (c), Myoepithelzelle (↑), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 78C: Mäßig bis stark elektronendichtes intrazelluläres Ceroid (a), Zellkern (b), Hemidesmosomen der Myoepithelzellen (↑), interalveoläres Bindegewebe (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

Bei zwei Tieren werden intrazellulär zytoplasmatische Kristalleinschlüsse beobachtet. Bis zu 5 kristalline Einschlüsse kommen pro Zelle vor, die jeweils von einer Membran umschlossen werden. Die regelmäßig rhombische Geometrie ist das herausragende morphologische Kennzeichen dieser stark elektronendichten kristallinen Strukturen (Abb. 77A). Selten liegen zwei Kristalle in einer vesikelartigen Umhüllung, die u. U. auch den Zellkern bedrängt (Abb. 77A, 77B).

Bei sämtlichen nicht-laktierenden Tieren ist das bereits erwähnte wachsartige Pigment vorhanden (Abb. 74B, 75B). Das Ceroid weist eine gelbbraune Autofluoreszenz auf. Kommt es intraalveolär vor, so betrifft es nur den basalen Teil des Alveolarepithels und wenige Laktozyten (Abb. 78A). Das Pigment füllt den Zelleib völlig aus. Die Speicherung des Substrates bedingt die Verdrängung des Zellkern und aller anderen Strukturen (Abb. 78B).

In der ultrastrukturellen Darstellung handelt es sich um ein sehr heterogenes verschieden elektronendichtes Material, das runde, fädige oder filamentäre Formen hervorbringt (Abb. 77A, 78B, 78C). Die Pigmenttropfen zeigen im elektronenmikroskopischen Bild unterschiedlich starke Osmiophilie. Der Zellkern der betroffenen Zelle geht nicht zwangsläufig zugrunde (Abb. 77A, 78B).

Weiterhin findet man diese großtropfig gespeicherten Lipide intraepithelial in den Milchgängen und im Interstitium. Bei einer extralobulären Lokalisation im Bindegewebe ist eine leicht abweichende Farbauffinität zu registrieren (Abb. 78A).

Insgesamt sind die Myoepithelzellen beim Pferd eher unauffällig und kommen in einer Häufigkeit von ca. 2-4 Zellen pro Alveole vor. Bei der laktierenden Milchdrüse besitzen sie einen langgezogenen spindelförmigen Kern, der sich der Alveolenrundung anpaßt (Abb. 78B),

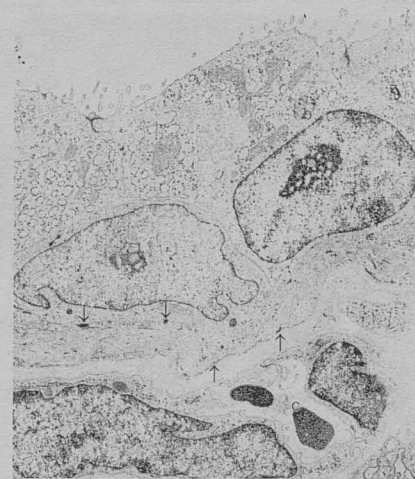


Abb. 79: Myoepithelzelle mit zwei Desmosomen (↓), Makrophage (a), Laktozyt (b), Hemidesmosom (↑), Blutkapillare (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

regelmäßig einen Nukleolus enthält und häufig eingezogen ist.

Das Sarkoplasma enthält lediglich in Kernnähe wenige Organellen, wobei jedoch einzelne Mitochondrien auch diffus auftreten. Die Verdichtungen an der basalen Zellmembran (Abb. 70, 71) und im Sarkoplasma (Abb. 71), an denen Myofilamente fixiert sind, kennzeichnen diese Zellen morphologisch. Relativ wenige Mikropinozytosebläschen befinden sich in dem Streifen unter der basalen Zellmembran, die zur Basallamina verhältnismäßig lange Hemidesmosomen ausbildet



Abb. 80: Neutrophiler Granulozyt (a) im kolostragen Epithel, Laktozyt (b), Alveolarlumen (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

(Abb. 78C, 79, 81). Untereinander (Abb. 81), zu den Alveolarepithelzellen und zu intraepithelialen „Fremdzellen“ bestehen Desmosomen als Kontaktstrukturen (Abb. 79).

Im Gegensatz dazu kommt es im Zusammenhang mit der Involution bei der trockenstehenden Milchdrüse zu Einfaltungen der Kernoberfläche und zur Kondensation der Myoepithelzelle. Teilweise erscheint die gesamte Zelle elektronendichter (Abb. 75B, 76). Häufig ist ein interzellulärer Spalt zu den angrenzenden Alveolarepithelzellen zu beobachten.

Im Epithelverband der Drüsenzellen finden

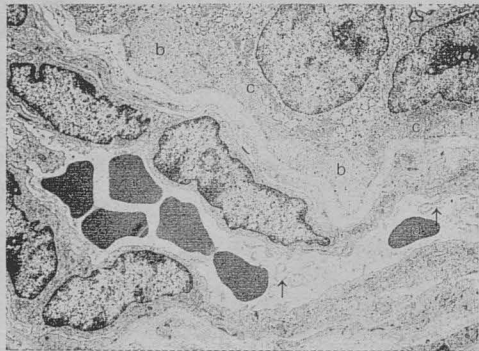


Abb. 82: Venole mit Endothelausstülpungen (↑), Erythrozyt (a), Myoepithelzelle (b), Laktozyt mit basaler Faltung (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

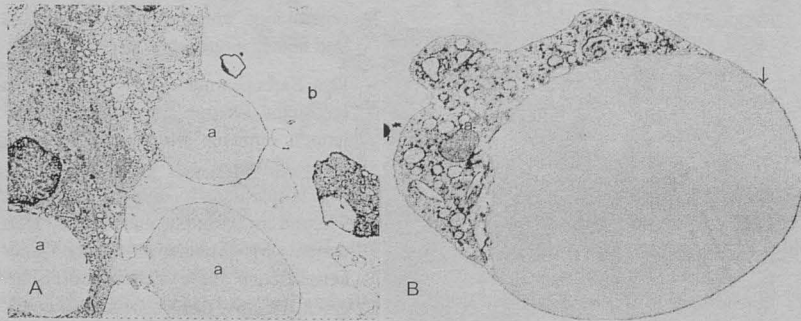


Abb. 83A: Apokrine Sekretion, Lipidtropfen (a), Lumen (b), Zellfragmente (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

Abb. 83B: Runder Fettropfen im Sekret mit Zytoplasmarest (a), Zellmembran (↓), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

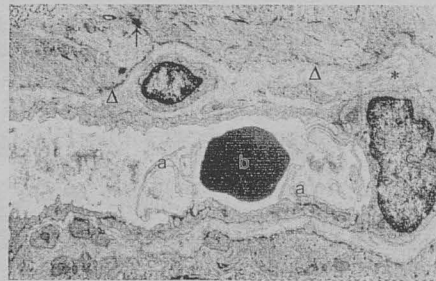


Abb. 81: Blutkapillare, Villi (a), Erythrozyt (b), Zellkern der Endothelzelle (c), Desmosom zwischen zwei Myoepithelzellen (↑), Lam. fibroreticularis (*), Hemidesmosom (Δ), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

sich verhältnismäßig wenige intraepitheliale Fremdzellen. Zu ihnen gehören neben neutrophilen Granulozyten (Abb. 80) auch Makrophagen (Abb. 79) und Lymphozyten (Abb. 76), die das Epithel passieren.

Während die Zellmembran und damit die Zellgrenzen lichtmikroskopisch deutlich zu erkennen sind, besitzt die Basalmembran eine sehr schmale Lam. fibroreticularis (Abb. 81). Das intralobuläre Bindegewebe ist Träger kollagener und elastischer Fasern sowie dichter Blutkapillarnetze.

Von einer hohen Endozytoseaktivität

des Endothels der Blutkapillare zeugen zahlreiche Zytopenmpsisbläschen (Abb. 81). Bei den laktierenden Tieren bildet das Endothel in großer Deutlichkeit lange Villi aus. Diese fingerförmigen Oberflächendifferenzierungen sind häufig länger, als die Kapillare breit ist. Teilweise knäulen sie sich auch auf und reichen bis an Blutzellen heran, z. B. an Erythrozyten (Abb. 79, 81, 82) oder Lymphozyten. Auch die innere Oberfläche des Endothels der Venolen weist diese ausgestülpten Bildungen auf (Abb. 82).

Im Milchsekret können verschiedene Strukturen vorkommen. Eine beachtliche Menge apikaler Zytoplasmateile werden bei der laktierenden Milchdrüse gemeinsam mit einem Fetttropfen abgeschnürt und ins Lumen abgegeben (Abb. 83A). Aus diesem Grunde schwimmen im Sekret mäßig elektronendichte membranumhüllte Lipidtropfen, an denen noch immer ein Zytoplasmarest an-

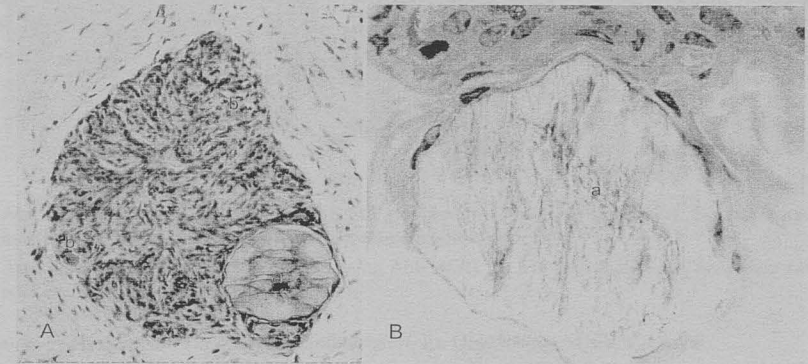


Abb. 84A: Intralobulär lokalisierter Corpus amylaceum (a) und Ceroid (b), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Abb. 84B: Extralobulärer Corpus amylaceum (a), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

haftet, der Mitochondrien und rER einschließt (Abb. 83B). So wird der apokrine Sekretionsmodus offensichtlich. Bei der nicht-laktierenden Drüse schilfern als somatische Milchzellen relativ massiv kondensierte Alveolarepithelzellen ins Sekret ab. Weiterhin tauchen häufig neutrophile Granulozyten im Lumen auf (Abb. 69A). Dagegen finden sich im Kolostrum kaum Zellen (Abb. 72B).

Große Corpora amylacea kommen im trockenstehenden Drüsengewebe einzeln vor. Sie haben eine konzentrische Schichtung und liegen intra- (Abb. 84A) oder extralobulär (Abb. 84B). Als Ausnahme sind bei einem Tier beide Lokalisationen nebeneinander vertreten. Durch intraalveoläre Milchsteinchen wird das Drüsenepithel oftmals in der Höhe abgeplattet. Pro Alveole sind die

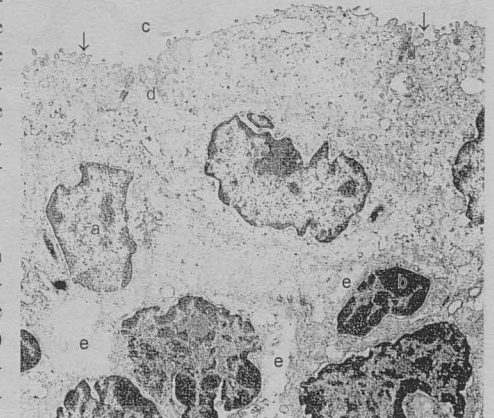


Abb. 85: Milchgang, oberflächliche Zelle (a), tiefe Zelle (b), Lumen (c), Mikrovilli (↓), Haftstruktur (d), weite Interzellularräume (e), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

Konglomerate lediglich in der Einzahl vorhanden. Extraalveolär plazierte Corpora amylacea findet man in der Mehrzahl am Rand der Läppchen gedrängt oder sogar in das interlobuläre Bindegewebe hinein verlagert. In keinem Falle tauchen Milchsteinchen in den kleinen bzw. großen Milchgängen auf.

Die Ductuli lactiferi tragen ein zwei- bis dreischichtiges Epithel, wobei sich die oberflächlichen Zellen kuppelförmig vorwölben und der Zellkern Einkerbungen besitzt. Ultrastrukturell entsprechen die Zellen den Alveolarepithelzellen. Hervorzuheben sind die stummelförmigen kleinen Mikrovilli der luminalen Zelloberfläche. Tiefer liegen eine oder mehrere Zellagen schlanker Zellen mit kleinen Zellkernen (Abb. 85).

Die Blut-Euter-Schranke umfaßt bei der Stute die üblichen morphologischen Bestandteile (wie bereits beim Rind dargestellt). Diese werden für die laktierende (Abb. 69A, 71, 79), kolostrogene (Abb. 73, 80) und trockenstehende Milchdrüse (Abb. 76) in den angeführten Abbildungen dargestellt.

3.2.2.3. Zitze

Die Zitze der Stute wird äußerlich durch ihre bläulich-schwarze Pigmentierung sowie durch ma-

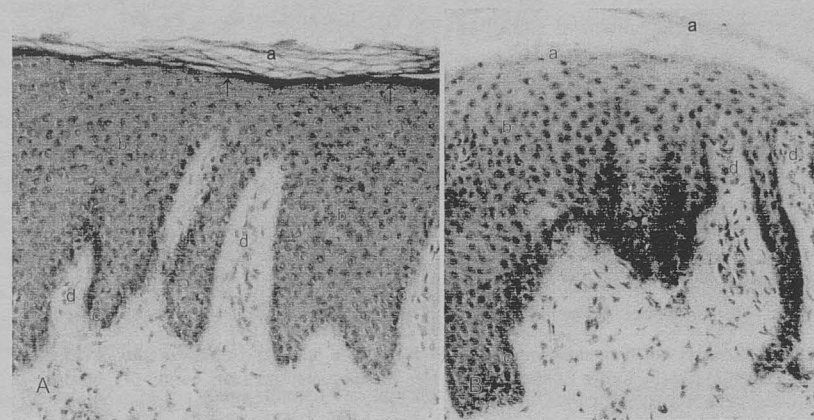


Abb. 86A: Epidermis, Str. corneum (a), Str. granulosum (↑), Str. spinosum (b), Str. basale, pigmentiert (c), Papille mit Blutkapillaren (d), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Abb. 86B: Epidermis (Bezeichnungen analog Abb. 86A), im Str. basale teilweise besonders zahlreiche Melanin granula, Toluidinblau, 200x.

makroskopisch sichtbare Hautporen charakterisiert. Im Querschnitt ist sie längsoval.

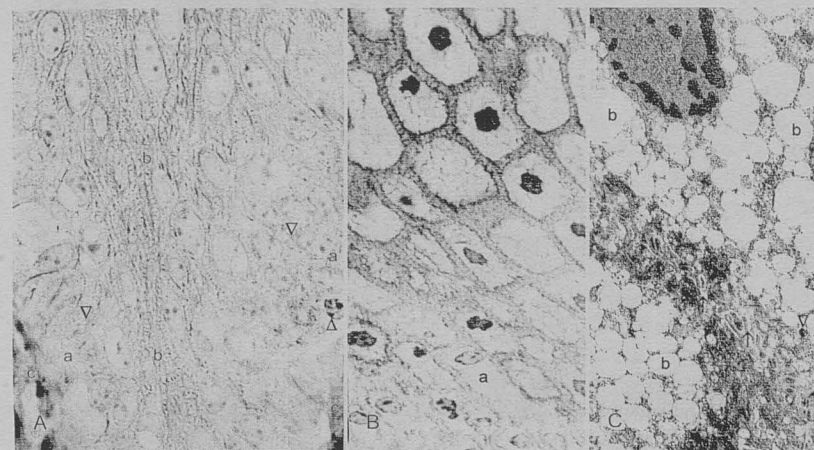


Abb. 87A: Epidermis, Str. basale (a), Melanin granula (V), Str. spinosum, untere Schichten mit Interzellularbrücken (b), Dermis (c), Melanozyt (Δ), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 87B: Str. spinosum, untere (a) und obere (b) Schichten, Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 87C: Keratinozyt, Str. spinosum, Zellkern (a), Vakuole (b), Interzellularraum (↑), Intermediärfilamente (c), Melanosom (V), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

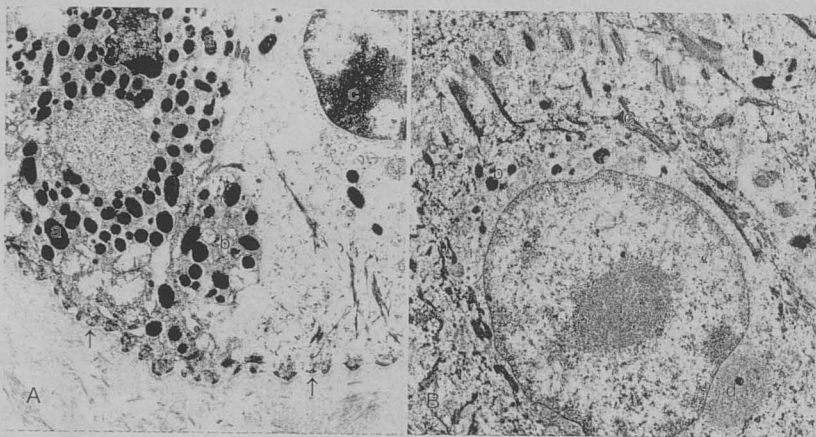


Abb. 88A: Melanozyt mit Prämelanosomen und Melanosomen unterschiedlicher Reifungsstadien (a), Zytoplasmfortsatz (b), basale Epithelzelle (c), Hemidesmosomen zur Lam. basalis (↑), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Abb. 88B: Tiefes Str. spinosum, Kern mit Nukleolus (a), Melanosom (b), Bündel aus Keratinfilamenten (c), ODLAND-Körperchen (d), weite Interzellularräume (↑), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Die Wand der Zitze wird in die Haut, die Mittelschicht und das Epithel des Sinus lactifer bzw. des Ductus papillaris unterteilt.

3.2.2.3.1. Äußere Haut

Die Epidermis besitzt eine glatte Oberfläche (Abb. 86A, 89) und setzt sich aus Keratinozyten zusammen, deren Pigmentierung, ausgehend vom Str. basale, allmählich abnimmt (Abb. 86B, 87A).

Die Nuklei im Str. basale weisen Einziehungen und Chromatinverdichtungen auf (Abb. 87A). Mit kleinen Wurzelfüßchen erfolgt über Hemidesmosomen die Kontaktaufnahme zur Lam. basalis. Als charakteristische Struktur kommen in dem organellenarmen Zytoplasma Bündel aus Intermediärfilamenten vor (Abb. 88B). Zwischen den Basalzellen liegen helle Zellen und einzelne Melanozyten (Abb. 88A), die Prämelanosomen sowie Melanosomen synthetisieren und diese an umliegende Keratinozyten abgeben (Abb. 88B).

Von allen untersuchten Hautabschnitten ist das Str. spinosum, besonders an der Zitzenspitze, mit bis zu 15-20 Zellagen am stärksten ausgebildet.

Im basalen Teil des Str. spinosum sieht man rela-



Abb. 89: Haut der Zitze, Epidermis mit pigmentiertem Str. basale (a), Haarfollikel (b), Corpus papillare (c), Talgdrüse (d), Gl. sudorifera apocrinae (e), Venole (f), Arteriole (g), Hämatoxylin-Eosin, 50x.

tiv kleine Keratinozyten, die ovale Zellkerne mit mehreren Nukleoli aufweisen. Die Zellen haben zunächst eine polygonale Form (Abb. 87A, 87B).

In den oberen Lagen sind die Zellen insgesamt größer. Das Chromatin des Kerns kondensiert als Zeichen der Degeneration. In dem hellen, ebenfalls organellenarmen Zytoplasma der Zellen liegen Intermediärfilamente und Lipidvakuolen (Abb. 88B). Die Interzellularräume sind weit und deutlich sichtbar (Abb. 87A, 88B). Zum Str. granulosum hin flachen die Zellen ab und richten sich parallel zur Oberfläche aus (Abb. 86A, 86B). Gelegentlich sind ODLAND-Körperchen (Lamellarkörperchen) sichtbar.

Das Str. granulosum besteht aus flachen Zellen, die einen kleinen, dunklen Kern besitzen. Sie bilden Keratohyalin granula sowie ODLAND-Körperchen.

Das Str. corneum ist allgemein relativ dünn ausgebildet (Abb. 86A, 86B). Lediglich an der Zitzenspitze tritt es deutlicher in Erscheinung.

Im Vergleich mit der Haut der Mammarkomplexe zeigt sich, daß die Zitzenhaut eine dickere Epidermis und Hornschicht aufweist. Beide werden indessen sehr deutlich von der Haut des Sulcus intermammaris übertroffen.

Die Dermis besteht aus einem dünnen Str. superficiale und einem prägnanten Str. profundum. In

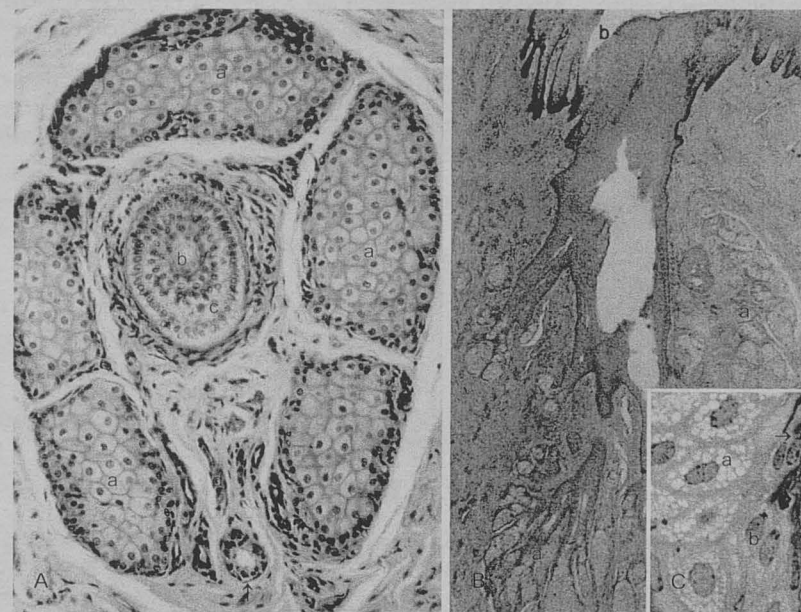


Abb. 90A: Gl. sebacea aus 5 Läppchen (a), Haar (b), epithelialer Haarbalg (c), Anteile des M. arrector pili (d), Ausführungsgang der zugehörigen Schlauchdrüse (↑), Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Abb. 90B: Mammarhaar-Talgdrüsen-Komplex, extrem komplexe Talgdrüse (a) neben dem Ostium papillare, Epidermis (b), Längsschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Abb. 90C: Drüsenzelle mit Lipideinschlüssen (a), Matrixzelle (b), Basalmembran (→), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

einigen Fällen reichen lange schlanke Papillen, die stark gewundene Kapillaren beherbergen, bis unmittelbar unter die Oberfläche der Epidermis (Abb. 89). Andererseits treten auch flache, breite Papillen auf, die sich gelegentlich noch aufspalten. Eine eigentliche Hypodermis existiert nicht.

Bei einem Tier (Pferd 5) kommen besonders zahlreich periphere Nerven vor. In Bezug auf die Vaskularisation erscheint das Auftreten muskelstarker Venen erwähnenswert. Glatte Muskelzellen sind zahlreich in Form kleiner Bündel vorhanden (Abb. 89).

Mit Ausnahme der Zitzenspitze ist die Haut behaart, wobei einzelne große Haare vorkommen (Abb. 89, 90A) und deshalb adäquat weniger Hautdrüsen ausgebildet werden. Schließlich treten im Bereich des Ostium papillare keine apokrinen Schlauchdrüsen mehr auf.

Die großen Gll. sebaceae setzen sich aus mehreren Läppchen zusammen (Abb. 89, 90A). Ihre Drüsenepithelzellen weisen die typische Morphologie auf (Abb. 89, 90A, 90C). Unmittelbar am Ostium papillare ist je ein Mammarhaar mit einer speziellen großen, sehr komplexen Talgdrüse ausgestattet, wie in Abbildung 90B ersichtlich.

Apokrine Schlauchdrüsen werden aufgrund der relativ geringen Haaranzahl nur vereinzelt beobachtet und fehlen, wie bereits erwähnt, im Bereich der Zitzenspitze gänzlich. Sie sind unterhalb der Talgdrüsen lokalisiert (Abb. 89) und bestehen aus zahlreichen Endstücke mittlerer Größe (Abb. 91A). Bei einem Tier (Pferd 8) kommt es im intraglandulären Bindegewebe zu ei-

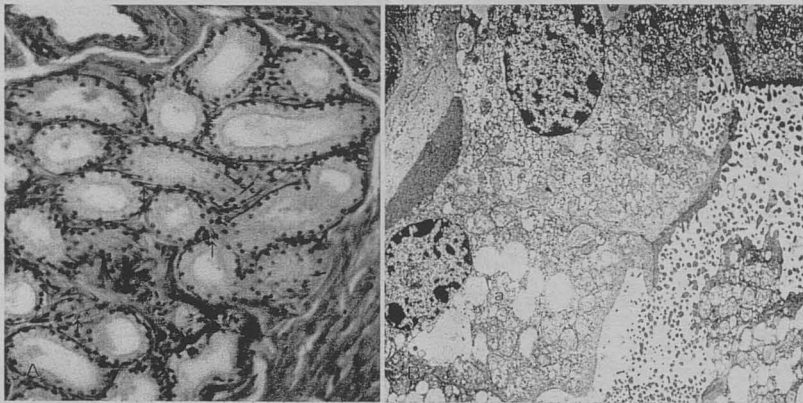


Abb. 91A: Apokrine Schlauchdrüse, deutlich die länglichen Kerne der Myoepithelzellen (↑), Trichrom, 200x.

Abb. 91B: Organellenreiche Drüsenzelle (a), Sekretabgabe von der apikalen Membran (b), Zytoplasmafragmente im Lumen (c), Myoepitheliocytyus stellatus (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

ner auffallend starken Vaskularisation zwischen den Endstücken. Analog der Haut der Mammarkomplexe ziehen stellenweise glatte Muskelzellen zwischen die Endstücke der apokrin sezernierenden Drüsen. Die Azini münden in einen engen Ausführungsgang (Abb. 90A), der parallel zum Haarfollikel verläuft.

Das Endstück ist aus kubischen organellenreichen Drüsenepithelzellen aufgebaut, die auf einer gut entwickelten Basalmembran ruhen. Die Zellen zeichnen sich durch einen basal liegenden Zellkern aus. An der lumenseitigen Oberfläche besteht ein deutlicher Bürstensaum aus zahlreichen Mikrovilli. Dort werden die sezernierten Sekretgranula massiv in das Lumen abgegeben,

die zuvor in Form sekretorischer Vesikel im supranukleärem Zytoplasma lokalisiert waren. Häufig enthält das Sekret Zytoplasmafragmente der Zellen (Abb. 91B).

Peripher begrenzt ein markantes Myoepithel jeden Azinus. Die myoepithelialen Zellen haben ein elektronendichtes Zytoplasma und einen spindelförmigen länglichen Zellkern (Abb. 91B), der im tangentialen Anschnitt des Endstücks deutlich hervortritt (Abb. 91A).

3.2.2.3.2. Mittelschicht

Es treten verhältnismäßig wenige große Blutgefäße auf, die Venen sind oft klappenreich. Alle Gefäße und Nerven verlaufen zwischen feinen kollagenen Fasern, die ihrerseits von groben Kollagenfaserbündeln umgeben werden. Es fällt auf, daß Lymphgefäße, speziell initiale Lymphkapillaren und Präkolektoren, in diesem Hautabschnitt (und bei dieser Spezies) in mittlerer Häufigkeit auftreten (Abb. 92).

In der aus groben kollagenen Fasern bestehenden, bindegewebig-muskulären Mittel-

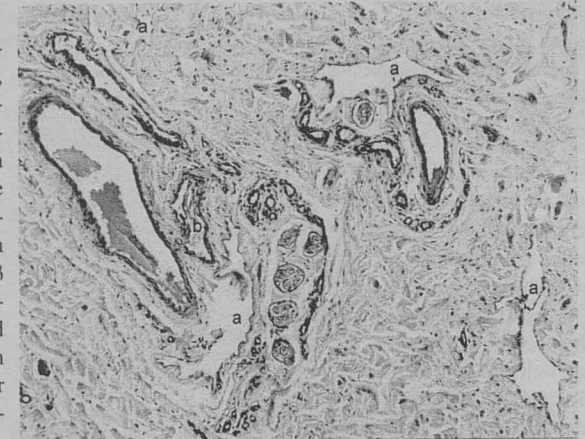


Abb. 92: Versorgungsbahnen, eingebettet im lockeren Bindegewebe, zahlreiche initiale Lymphkapillaren, teilweise mit Klappen (a), Vene mit Klappe (b), Anschnitte eines peripheren Nervis (c), Hämatoxylin, 100x.

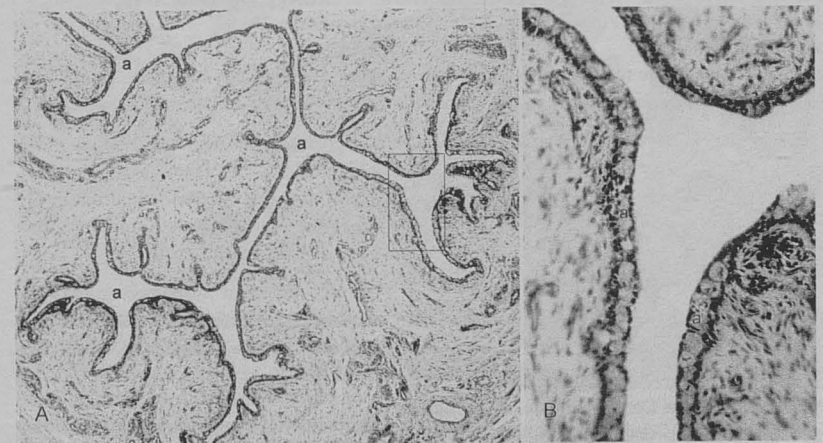


Abb. 93: Sinus lactifer (a) mit großen und kleinen bindegewebige Falten, Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Einsatz: Detailvergrößerung aus Abb. 93, zweischichtiges Epithel mit intraepithelalem Ceroid (a), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

schicht kommt es zu einer mehr oder weniger diffusen Verteilung der zahlreichen glatten Muskelzellen (Abb. 96), gleichwohl sie auch in Bündeln zusammengefaßt auftreten können (Pferd 2). Sie ordnen sich konzentrisch unmittelbar um den Sinus lactifer (Abb. 94) bzw. um den Ductus papillaris herum an, ohne sich dabei nennenswert zu verdichten.

3.2.2.3.3. Sinus lactifer bzw. Ductus papillaris

Das Lumen des **Sinus lactifer** wird durch unterschiedlich große Strukturalten eingeengt und infolgedessen zu einem verhältnismäßig schmalen Durchgang reduziert (Abb. 93, 94). Als Grundlage der Falten dienen grobe Kollagenfasern, die von Blutgefäßen, Nerven, Blut- und Lymphkapillaren sowie wenigen glatten Muskelzellen begleitet werden.

In der überwiegenden Mehrzahl sind zwei Zitzenzysternen pro Zitze ausgebildet. Jedoch kommen bei zwei Tieren (Pferd 3, 5) sogar drei vor (Abb. 94), von denen sich jedoch weiter distal zwei zu einem gemeinsamen Ductus papillaris vereinigen (Abb. 98).

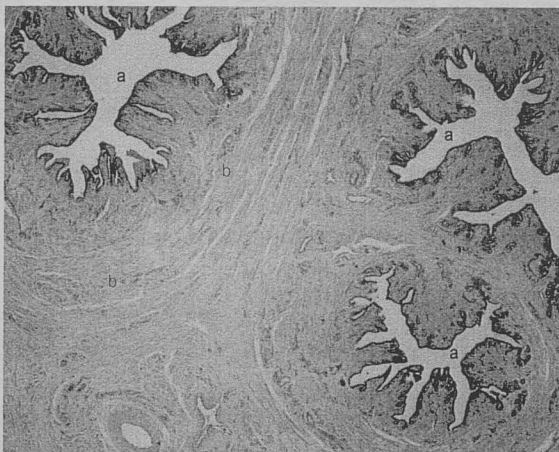


Abb. 94: Drei ausgebildete Sinus lactifer (a), glatte Muskelzellen (b), Pferd 5, Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 25x.

Das zweischichtige Zisternenepithel senkt sich sägeblattförmig in seine Unterlage ein, woraus eine zusätzliche Vergrößerung der inneren Sinusoberfläche resultiert (Abb. 93, 94). Die superfizielle Lage bilden flache bis isoprismatische Zellen. Teilweise kommt es zur Pigmentierung der basalen Zellschicht.

Bei der Hälfte der Tiere treten massive gelbliche intraepitheliale Ceroidakkumulationen auf (Abb. 93, 95, 96). Hauptsächlich ist das Pigment in der oberen Zellschicht anzutreffen, wo es das gesamte Zytoplasma der Epithelzellen ausfüllt.

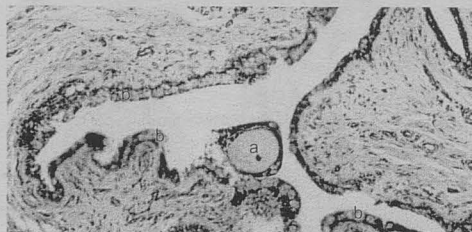


Abb. 95: Intraepitheliales Corpus amylaceum (a), Epithel des Sinus lactifer mit Ceroid (b), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Es ist außerdem festzuhalten, daß in diesem Bereich hin und wieder einzelne große Corpora amylacea auftreten (Abb. 95).

Subepithelial liegen glatte Muskelzellen zwischen feinen kollagenen Faserbündeln, akzessorische Milchdrüsenalveolen sind nicht vorhanden.

Etwa in Höhe des Wegfalls der apokrinen Schlauchdrüsen in der Haut der Zitze geht der Sinus

lactifer in den **Ductus papillaris** über. Dieser setzt sich aufgrund des Übergangs des zweischichtigen Epithels in ein mehrschichtiges unverhorntes Plattenepithel lichtmikroskopisch deutlich ab (Abb. 96). Der Epithelwechsel erfolgt allmählich (Abb. 97A, 99B).

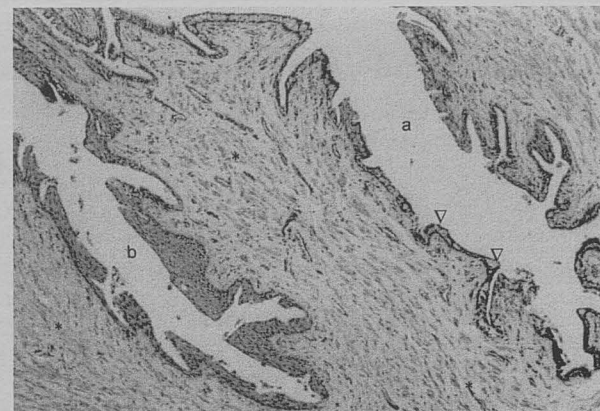


Abb. 96: Grenzbereich zwischen Sinus lactifer (a) und Ductus papillaris (b), Ceroid (V), glatte Muskelzellen (*), Pferd 6, Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Im direkten Anschluß an den Sinus lactifer ist das Lumen des Ductus papillaris im Querschnitt zunächst durch Falten untergliedert (Abb. 97A), was jedoch weiter distal allmählich zurückgeht (Abb. 97B). Bei zwei Tieren (Pferd 3, 5) treten anfangs drei Ductus papillares auf (nachdem auch drei Zisternen ausgebildet waren, Abb. 94), von denen zwei, wie oben berichtet, distal zu einem gemeinsamen Zitzenkanal verschmelzen (Abb. 98).



Abb. 97A: Ductus papillaris, kurz nach dem Hervorgehen aus dem Sinus lactifer, Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Abb. 97B: Ductus papillaris, etwa in Höhe der Mitte des Kanals, Epithel (a), dichte kollagene Fasern (b), glatte Muskelzellen (c), Querschnitt, Trichrom, 50x.

Das Ductus papillaris-Epithel weist in mehrerer Hinsicht Besonderheiten auf. Es handelt sich um ein unverhorntes Plattenepithel, das häufig durch Lücken und Einsenkungen zerrissen wird (Abb. 97A, 99A, 99B). Außerdem sind bei einem Tier (Pferd 6) ebenso massiv gelbbraune intrazelluläre Ceroidvorkommen zu beobachten (Abb. 99B) wie im Sinus lactifer.

Das Str. basale besteht aus senkrecht zur Oberfläche ausgerichteten und - im Gegensatz zur Zitzenhaut - wenig pigmentierten Zellen (Abb. 99A, 99B, 99C). Pigmentgranula kommen lediglich in den verzweigten Papillen des Zitzenkanals, zumeist an dessen Längsseiten, vor (Abb. 98, 101). Das Str. spinosum umfaßt ungefähr 5-9 Zellagen.

Vereinzelt (Pferd 1, 5, 6) werden im oberen

Epitheldrittel auffällige Zellen angetroffen, deren Zytoplasma geschrumpft ist und die somit ei-

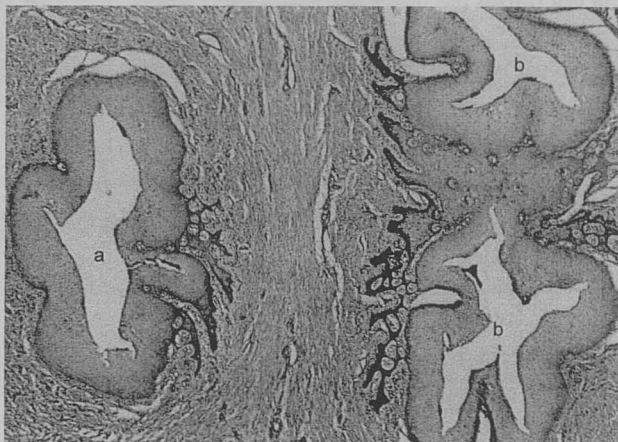


Abb. 98⁴: Einzelner Zitzenkanal (a) und zwei Ductus papillares, die verschmelzen (b), pigmentiertes Str. basale (c), Pferd 5, Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

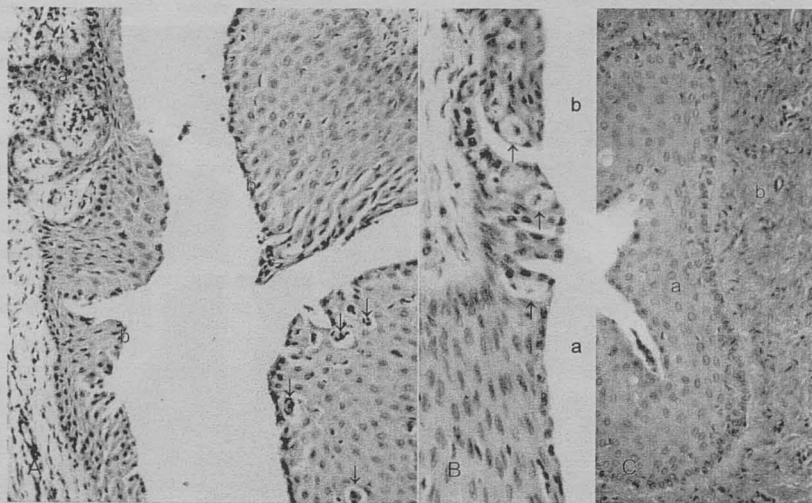


Abb. 99A: Ductus papillaris, pigmentiertes Str. basale (a), große Zellen im Str. spinosum (b), Str. granulosum (b), Querschnitt, Hämatoxylin, 200x.

Abb. 99B: Ductus papillaris (a) im Bereich des Übergangs aus dem Sinus lactifer (b), gelbe intrazelluläre Ceroidakkumulation (c), Längsschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 400x.

Abb. 99C: Ductus papillaris, unverhorntes Epithel (a), subepithelial feine verdichtete kollagene Fasern (b), Querschnitt, Trichrom, 200x.

nen Hof besitzen (Abb. 99A).

Während das Str. granulosum in weiter Entfernung vom Ostium papillare lediglich als eine Zelllage präsent ist, erhöht sich deren Anzahl in Richtung Zitzenspitze. Die flachen Zellen enthalten jedoch keine Keratohyalin-granula.

Sowohl ein Str. lucidum und als auch das Str. corneum fehlen diesem Epithel (u. a. Abb. 99A, 99B, 99C). Am Ostium papillare sind die Pigmentierung sowie die beträchtliche Höhe des Epithels herauszustellen (Abb. 100). Schließlich geht es ohne erkennbare Grenze in die Epidermis der Zitzenhaut über.

Ein Papillarkörper fehlt zunächst und tritt etwa erst ab der distalen Hälfte des Ductus papillaris auf. Mit zunehmender Annäherung an das Ostium papillare verzweigen sich die Papillen stärker (Abb. 100).

Den subepithelialen Bereich füllen feine kollagene Fasern in Form eines dichten Faserfilzes aus (Abb. 97B, 99C, 101). In geringer Anzahl sind zudem glatte Muskelzellen zu beobachten, die in kleinen Bündeln vor-



Abb. 100: Zitzenspitze, Ductus papillaris (a), Epidermis (b), Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

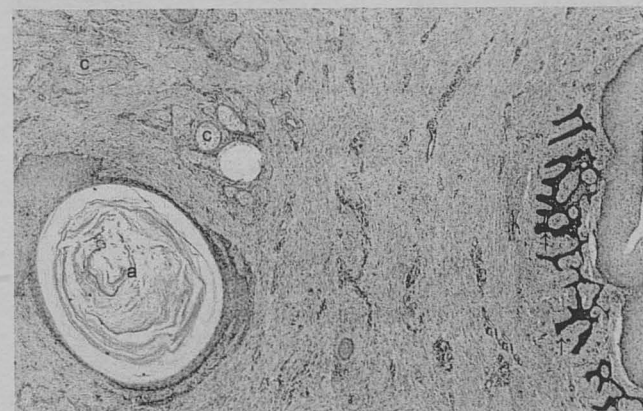


Abb. 101: Großer Haarfollikel mit Hornschuppen (a), Ductus papillaris (b), pigmentierte Papillen (c), Gl. sebacea (c), Pferd 3, Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

kommen. Ein M. sphincter papillae ist nicht ausgebildet.

Bei zwei Stuten (Pferd 3, 6) tritt in enger Nachbarschaft zum Ductus papillaris ein Haarfollikel auf, der parallel des Ostium papillare aufwärts verläuft und vor der Zitzenbasis endet. Er ist mit Hornlamellen gefüllt (Abb. 101).

⁴ Schnitt in Fortführung von Abb. 94

3.2.3. Milchdrüse des Schafes

3.2.3.1. Euterhaut

Mit Ausnahme der Haut des Sulcus intermammarius weist das Euter des Schafes kein Vlies auf, sondern ist fein behaart. Die Haut des Sinus inguinalis (Inguinaltasche zwischen Mammarkomplex und Übergang zum Vlies des Unterbauches) wird von einem gelben talgigen Belag überzogen, der teilweise schmutzig wirkt.

Obwohl der histologische Aufbau der Haut der Milchdrüse lokal aufgrund einiger Modifikationen differiert, zeigt die Euterhaut dennoch in den untersuchten Bereichen den typisch dreischichtigen Aufbau aus Epidermis, Dermis und einer mächtigen Hypodermis mit reichlichem Fettgewebe (Abb. 102).

Es erweist sich, daß Unterschiede zwischen der Epidermis des Sinus inguinalis und des Sulcus intermammarius im Vergleich mit der der Mammarkomplexe existieren.

Die Epidermis des Sinus inguinalis und des Sulcus intermammarius besitzt eine unregelmäßige Oberfläche. Sie stellt ein mehrschichtiges verhorntes Plattenepithel dar, bestehend aus ovalen Keratinozyten (Abb. 103A, 103B). Ein Str. lucidum kommt nicht vor.

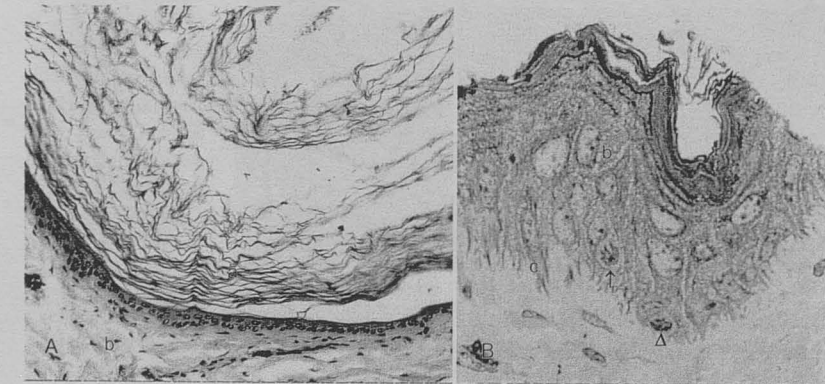


Abb. 103A: Sulcus intermammarius, dünne Epidermis mit Str. corneum (a), Dermis (b), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Abb. 103B: Epidermis des Sinus inguinalis, Str. corneum (a), Str. spinosum (b), Basalzelle mit Wurzelfüßchen (c), LANGERHANS-Zelle (d), Melanozyt (e), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

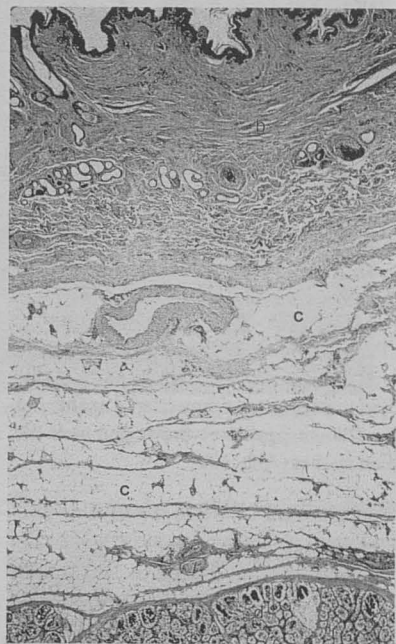


Abb. 102: Mammarkomplex, Epidermis (a), Dermis (b), Hypodermis mit großen Fettzellagern (c), Gl. mammaria (d), Hämatoxylin-Eosin, 25x.

Ein Str. lucidum kommt nicht vor.

Sie ist relativ gleichmäßig dünn. Lokal beläuft sich ihre Stärke auf wenige Zellagen, z. T. nur auf zwei bis drei. Hauptsächlich ist das Str. spinosum reduziert (Abb. 103A). Die Epidermis ist stark verhornt. Stellenweise befinden sich Anhäufungen von Melaningranula in den Keratinozyten des Str. basale im Sinus inguinalis. Das Corpus papillare ist wenig markant ausgebildet (Abb. 103A, 103B, 105A, 105B).

Dagegen ist die Epidermis der Mammarkomplexe (Abb. 102) zum Großteil ungleichmäßig dick und weniger stark verhornt (Abb. 104). In pigmentierten Hautabschnitten sind im Str. basale relativ große Melaninkörnchen, seltener auch etwas höher im Str. spinosum anzutreffen (Abb. 108).

Teilweise reichen deutliche Papillen bis zur oberen Zellige der Epidermis (Abb. 104).

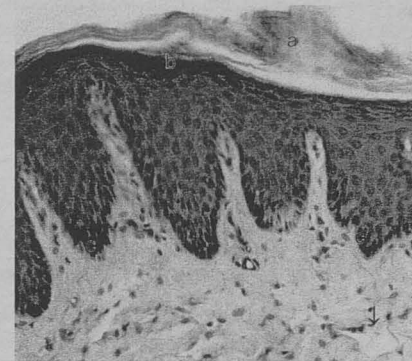


Abb. 104: Epidermis der Mammarkomplexe, Str. corneum (a), Str. granulosum (b), Str. basale mit Melaningranula (c), Lymphkapillare in der Dermis (d), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Mm. arrectores pilorum kommen in der

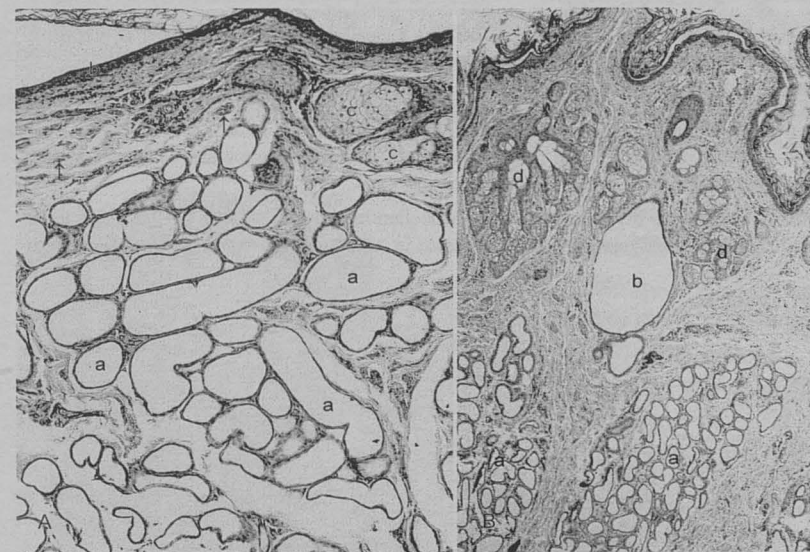


Abb. 105A: Sulcus intermammarius, mächtige Schicht apokrin sezernierender Schlauchdrüsen (a), Epidermis (b), Talgdrüse (c), Bündel glatter Muskelzellen (d), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Abb. 105B: Sinus inguinalis, Endstücke (a) und Sinus (b) der apokrinen Schlauchdrüse, Epidermis (c), Haarfollikelgruppe (d), Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Euterhaut nur in geringer Größe und Anzahl vor. Jedoch fallen im Str. superficiale der Dermis der Mammarkomplexe sowie des Sulcus intermammarius eine Reihe glatter Muskelzellen auf, die parallel zur Hautoberfläche verlaufen (Abb. 105A, 106B).

An die zahlreichen Haarfollikel (Abb. 108) gruppieren sich die Gl. cutis. Dabei verlaufen die Endstücke der apokrin sezernierenden Schlauchdrüsen stark geschlängelt und kommen im Sinus inguinalis sowie ganz besonders im Sulcus intermammarius in außerordentlich hoher Anzahl vor. In der Haut des Sulcus intermammarius formieren sich deren Azini zu einer zusammenhängenden Schicht und werden bindegewebig nur spärlich voneinander getrennt (Abb. 105A). Im Sinus inguinalis sind sie etwas weniger häufig und bilden dort längliche Komplexe, die parallel

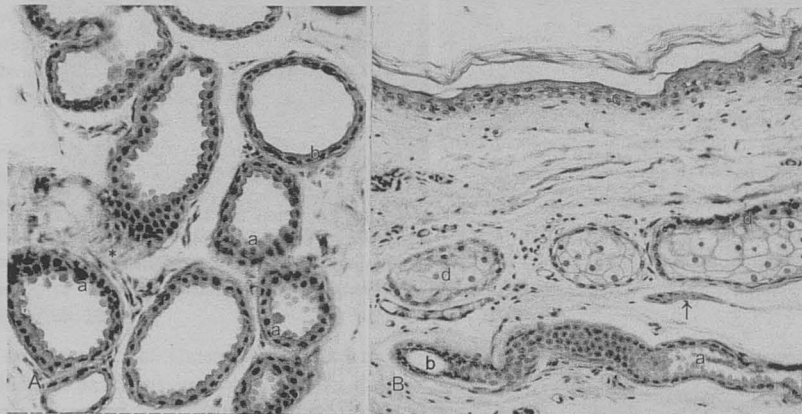


Abb. 106A: Endstücke einer Schlauchdrüse, deutlich kuppelförmige Protrusionen der Drüsenepithelzellen (a) und abgeplattete Zellen (b), Myoepithelzelle (*), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Abb. 106B: Sulcus intermammarius, apokrine Schlauchdrüse im Längsanschnitt, kontinuierlicher Übergang des Azinus (a) in den Ausführungsgang (b), Epidermis (c), Talgdrüse (d), glatte Muskelzellen (↑), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

zum Haarfollikel ausgerichtet sind (Abb. 105B).

Die im Flachschnitt penta- bis hexagonalen Drüsenzellen haben einen ovalen Zellkern und unterliegen beim Schaf einer ausgeprägten Morphokinese in Abhängigkeit von ihrer aktuellen Funktionsphase. Einerseits

kann man häufig kuppelförmige Epithelzellen beobachten (Abb. 106A), andererseits ist das Drüsenepithel dagegen sehr flach (Abb. 105A, 106A).

Es kommt relativ häufig vor, daß in einigen Endstücken zellfreies basophiles Sekret erhalten bleibt. Wenn diese Sekretreste am apikalen Zellpol haften, handelt es sich dabei ausnahmslos um flache

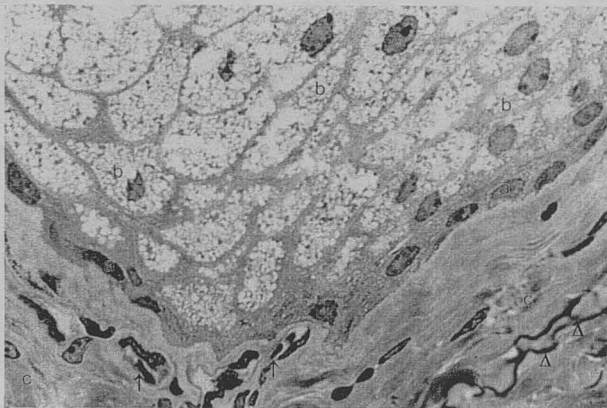


Abb. 107: Talgdrüse, Schicht peripherer Talgzellen (a), sezernierende Zelle mit zahlreichen Vakuolen (b), kollagene Fasern (c), elastische Fasern (Δ), Blutkapillare (↑), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Epithelzellen.

Ein ausgeprägtes Myoepithel unterlagert die Drüsenzellen, wobei die schlanken Myoepithelzellen eine isoprismatische Zelllage bilden, die stärker azidophil reagiert als die Drüsenzellen (Abb. 106A).

Oberhalb der Drüsenkomplexe trifft man, wenn auch selten, großlumige Endstücke an, die mit einem zwei- bis dreischichtigen Epithel ausgekleidet sind (Abb. 105B). Im weiteren Verlauf verengt sich ein solcher Sinus kontinuierlich unter synchroner Zunahme seiner Epithelhöhe (Abb. 106B).

Schließlich bildet sich ein mehrschichtiges Plattenepithel heraus, das nunmehr den Ausführungsgang der Drüse kennzeichnet (Abb. 108). Der Gang mündet am Ende frei mit einer Pore auf der Hautoberfläche.

Die Talgdrüsen zeigen eine deutliche Läppchenstruktur (Abb. 105B, 108) und bestehen aus polygonalen Drüsenepithelzellen (Abb. 105A, 106B, 107), die in der gesamten Euterhaut in ähnlich charakteristischer Weise vorzufinden sind. Zum umgebenden Bindegewebe grenzt sich die Drüse

durch eine Basalmembran klar ab. Den äußeren Abschluß bildet eine periphere abgeflachte Zellschicht aus sog. Matrixzellen (Abb. 107).

Die Drüsen münden mit teilweise mehreren Ausführungsgängen in den zugehörigen Haarfollikel (Abb. 105B, 108).

Die Haare sind in Form von Follikelgruppen angeordnet (Abb. 105B). Eine solche Gruppe enthält ca. drei primäre und einige sekundäre Haarfollikel, wobei zu den primären neben einem M. arrector pili noch eine Gl. sebacea und apokrine Drüsenendstücke gehören. Zahlreiche Haarfollikel zeichnen sich durch große verzweigte Melanozyten aus, die im bindegewebigen Haarbalg (Abb. 109) vorkommen.

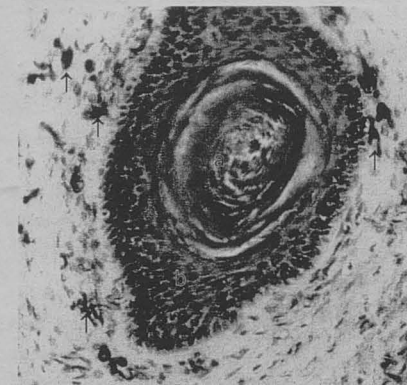


Abb. 109: Melaningranula (↑), Hornschuppen (a), epithelialer Haarbalg (b), Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Betreffs der Gefäße in der Dermis läßt sich feststellen, daß Venen z. T. mit Klappen ausgerüstet sind und bei dieser Spezies nur sehr wenige Lymphgefäße auftreten.



Abb. 108: Haarfollikelgruppe, Talgdrüsenläppchen (a) und Ductus excretorius (b), Haar (c), Ausführungsgang der Schlauchdrüse (d), Epidermis mit Melaninkörnchen (↑), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

3.2.3.2. Drüsengewebe

Das **laktierende** Milchdrüsengewebe charakterisieren maximal entfaltete Alveolen, die in Form von Läppchen angeordnet sind (Abb. 110A). Diese enthalten einen geringen Teil an interalveolä-

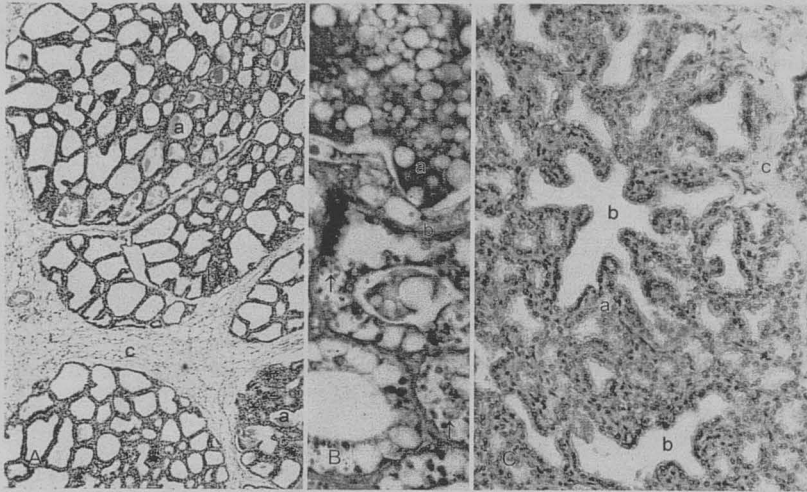


Abb. 110A: Läppchen, Alveolen, z. T. mit Sekret gefüllt (a), interstitielles Bindegewebe (b), Adipozyten (c), Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Abb. 110B: Proteingranula in den Laktozyten (↑), Sekret (a), kollagene Fasern (b), Trichrom, 400x.

Abb. 110C: Gewebe in der Prälaktationsphase (a), Ductus alveolaris lactifer (b), Bindegewebe (c), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

rem Bindegewebe (Abb. 110A, 110B, 111A, 122). Die Alveolen beeinflussen sich gegenseitig in

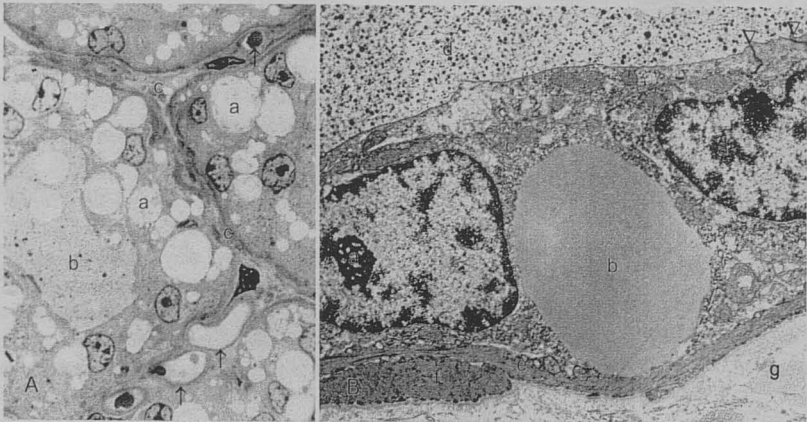


Abb. 111A: Laktozyt mit Lipidtropfen (a), Sekret (b), interstitielles Bindegewebe (c), Kapillare (↑), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 111B: Laktozyt, Kern mit Nukleolus (a), Fettropfen (b), rER und Mitochondrien (c), Haftstruktur (V), Sekret mit Milchprotein (d), Myoepithelzelle (e) und Querfortsatz einer anderen Zelle (f), kollagene Fasern (g), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

ihrer Form (Abb. 110C).

In Abhängigkeit von der jeweiligen Sekretionsphase variiert die Zellhöhe der Alveolarepithelzellen. Häufig kommen Laktozyten mit kupelförmigen Protrusionen vor (Abb. 124), in denen sich Lipidtropfen befinden (Abb. 111A, 122). Unmittelbar neben Alveolen mit hochprismatischem Epithel können solche mit isoprismatischen oder sogar flachen Laktozyten auftreten (Abb. 111B, 114). Die Lumina der Alveolen sind mit zellarem Sekret gefüllt, das je nach Zeitpunkt Sekretgranula (Milchprotein) enthält (Abb. 111A,

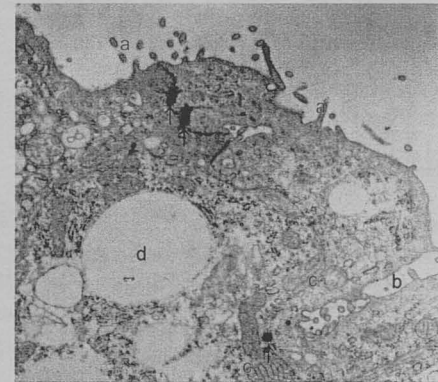


Abb. 113: Apikale Zellmembran, Mikrovilli (a), Einsenkung (b), Desmosom (↑), Interdigitationen (c), Vakuole (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

erscheinender Nukleolus vorhanden (Abb. 111B, 115, 116). Besonders bei isoprismatischen Zellen sind die Kerne unregelmäßig geformt und werden von Lipidtropfen bedrängt (Abb. 111A, 122).

In der Mehrzahl ist eine glatte apikale Zellmembran zu beobachten (Abb. 111B, 114). Sind Mikrovilli ausgebildet, dann sind es lediglich wenige und gering entwickelte (Abb. 113). Im Bereich zwischen zwei benachbarten Zellen senkt sich die Zellmembran teilweise ein (Abb. 113).

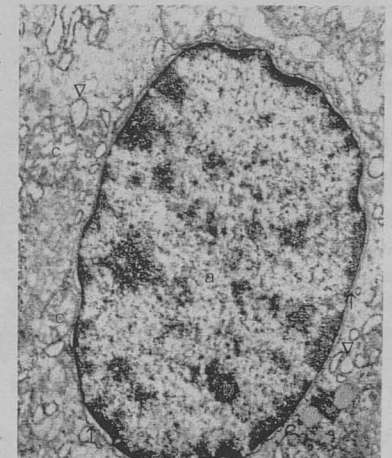


Abb. 112: Zellkern, Euchromatin (a), Heterochromatin (b), perinukleäre Zisterne (↑), Polyribosomen (V), Mitochondrium (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, ca. 10 000x.

111B, 114, 116, 123A).

Die Zellen besitzen einen ovalen Zellkern und weisen einen gut entwickelten Zellorganellenbesatz auf. Der Kern zeigt eine Verteilung von Eu- bzw. Heterochromatin (Abb. 112), die neben den zahlreichen Zellorganellen für aktive Syntheseprozesse spricht. Im Zellkern ist häufig ein netzartig

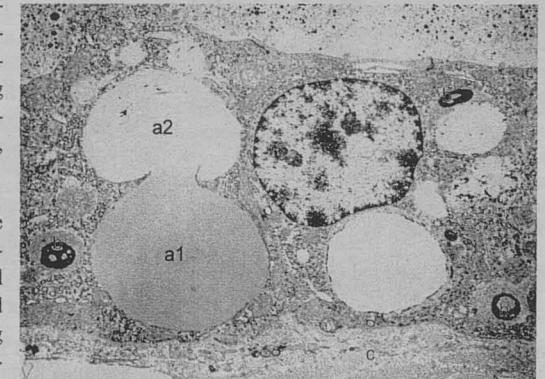


Abb. 114: Laktozyt, basaler (a1) und apikaler (a2) Fettropfen, Residualkörperchen (b), interalveoläres Bindegewebe (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

Das Zytoplasma füllen u. a. längliche Mitochondrien, zahlreiche Golgi-Vesikel, Lipidtropfen, eine Vielzahl von Polyribosomen und rER aus. Eine ausgeprägte Zellpolarität ist nicht zu beobachten, da u. a. das gut entwickelte rER diffus verteilt ist und nicht vorzugsweise basal vorkommt (Abb. 111B, 114).

Pro Zelle treten entweder ein großer oder mehrere kleine membranlose Lipidtropfen auf (Abb. 119). Stellenweise erreichen sie die Größe des Zellkerns und beeinflussen häufig dessen Form. In der Abbildung 114 wird der Eindruck vermittelt, daß sich ein basaler Tropfen in eine apikal liegende Vakuole öffnet.

Die Mitochondrien gehören zum Crista-Typ und kommen einzeln sowie in allen Zytoplasmaab-

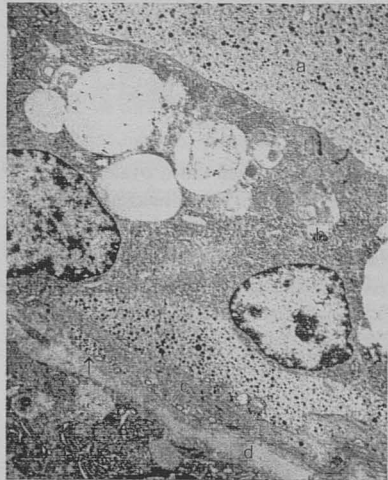


Abb. 116: Milchsekret im Lumen (a), zwischen Laktozyt (b) und Myoepithelzelle (c) sowie unter der Myoepithelzelle (d), interalveoläres Bindegewebe (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

wie im Alveolarlumen auf (Abb. 116).

Im **involutierenden** Milchdrüsengewebe sind in den kleineren Lobuli lediglich die Lumina der intralobulären Milchgänge erkennbar, da sich die Alveolen nicht entfalten. Das breite interlobuläre Interstitium ist relativ zellarm. Im Verlauf der Involution steigt der bindegewebige Flächenanteil gegenüber dem laktierenden Drüsengewebe deutlich an (Abb. 117A, 125A). Neben Mastzellen, Plasmazellen, einzelnen neutrophilen Granulozyten und vermehrten Adipozyten besteht im Bindegewebe ein gewisser Reichtum an regelmäßig mit Klappen ausgerüsteten Lymph-

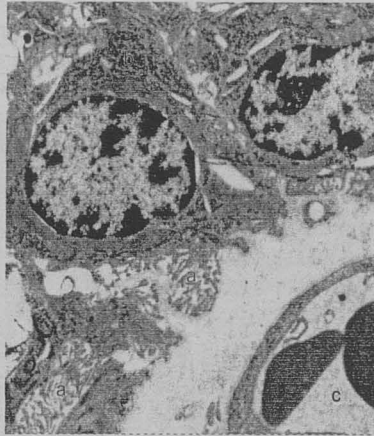


Abb. 115: Filigrane basale Membrandifferenzierungen (a), rER (b), Blutkapillare im interalveolären Bindegewebe (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

schnitten vor (Abb. 111B). Meist sind sie langgestreckt und leicht gekrümmt (Abb. 113, 114).

Im Zellplasma sind weiterhin kleine intrazelluläre Residualkörperchen auffällig. Sie treten unregelmäßig und zumeist in der Einzahl auf (Abb. 114).

Apikal ist an der Zellmembran ein Haftstruktur-Komplex (Abb. 111B, 113) ausgebildet. Das Plasmalemma formt laterale Interdigitationen (Abb. 113). Die Laktozyten besitzen kein eigentliches basales Labyrinth. Es kommt jedoch z. T. vor, daß das abluminale Plasmalemma beim laktierenden Tier filigrane mikrovilliartige Protrusionen zeigt (Abb. 115).

Bei einem Tier dringt Milchsekret basal zwischen die Laktozyten und die Myoepithelzelle bzw. sogar noch vor bis unter diese Zelle. Das Sekret weist ähnlichen Gehalt an Proteingranula

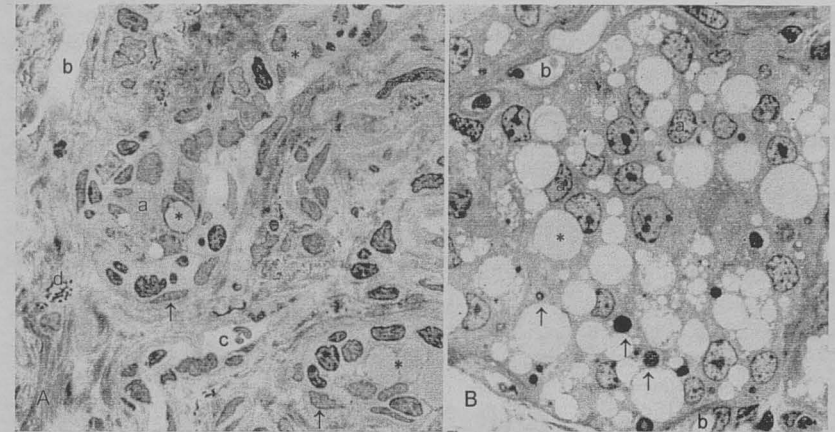


Abb. 117A: Involutierendes Drüsengewebe, Alveole (a), Lipidtropfen (*), Myoepithelzelle (↑), Lymphkapillare (b), Venole (c), Mastzelle (d), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 117B: Abgelöste Alveolarepithelzellen (a), Lipidtropfen (*), intra- und extrazelluläre elektronendichte Körperchen (↑), Blutkapillare (b), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

gefäßen (Abb. 117A).

Die geschrumpften Alveolen weisen kein oder lediglich ein sehr kleines Lumen auf (Abb. 117A). Häufig findet man dort ein zellreiches Sekret, das ebenso wie die Alveolarepithelzellen elektronendichte Körperchen enthält (Abb. 117B).

Das Alveolarepithel setzt sich aufgrund unterschiedlicher Stadien der Rückbildung aus hellen

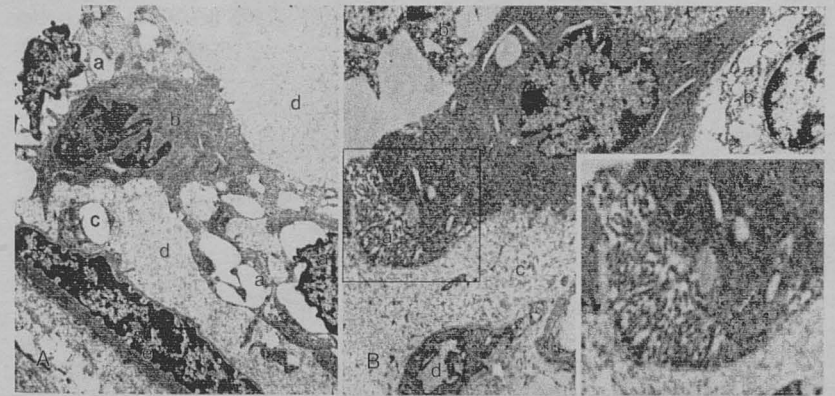


Abb. 118A: Heller (a) und dunkler Laktozyt (b), Vakuole (c), Sekret (d), Myoepithelzelle (e), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Abb. 118B: Dunkler Laktozyt mit basalen Mikrovilli (a), helle Zelle (b), Septum interalveolare (c), Kapillare (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

Einsatz: Mikrovilliartige Membrandifferenzierung, ca. 10 000x.

und dunklen Laktozyten zusammen.

Die **hellen** Alveolarepithelzellen werden von ihrem blassen organellenarmen Zytoplasmas ge-

prägt. Teilweise ist der Zellkern geschrumpft und um ihn herum bestehen weite Räume (Abb. 118A). Es scheint, daß die Zellen degenerativen Prozessen unterliegen. Teilweise wird der ohnehin sehr unregelmäßig gestaltete Kern zusätzlich durch Vakuolen eingedellt.

In dem hellen Zytoplasma kommen als Zellorganellen im wesentlichen lediglich einige Mitochondrien und rER vor. Doch findet man reichlich kleine bis mittlere stets runde Vakuolen vor (Abb. 118B). Es tritt jedoch auch der Fall ein, daß fast jede Zelle einer Alveole einen sehr großen Lipidtropfen enthält, der den Kern bedrängt (Abb. 117A, 117B).

Bei den **dunklen** Zellen wird der Kern tief eingekerbt, was zu seiner unregelmäßigen Oberfläche beiträgt. Außerdem enthält er vergleichsweise mehr Heterochromatin (Abb. 118A, 118B). Das Zellplasma erscheint kondensiert. Es beherbergt höchstens sehr kleine Vakuolen und wenig rER. Die Ausbildung von Mikrovilli am basalen Zellpol kann lediglich bei diesen Zellen des nicht-laktierenden Gewebes festgestellt werden (Abb. 118B). Sekret gelangt z. T. unter das Alveolarepithel

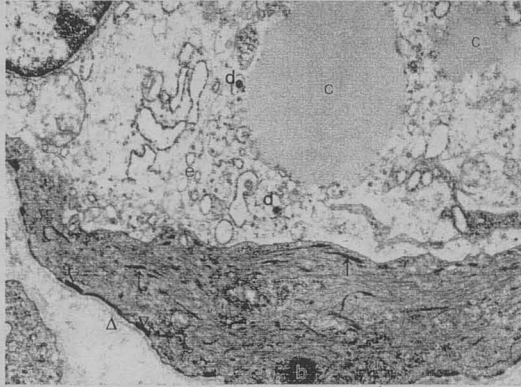


Abb. 119: Myoepithelzelle, dense bodies (↑), rER (a), Hemidesmosom (▽), apoptotisches Körperchen (b), Lam. basalis (Δ), Lipidtropfen (c), Golgi-Vesikel mit Milchprotein (d), Polyribosomen (e), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

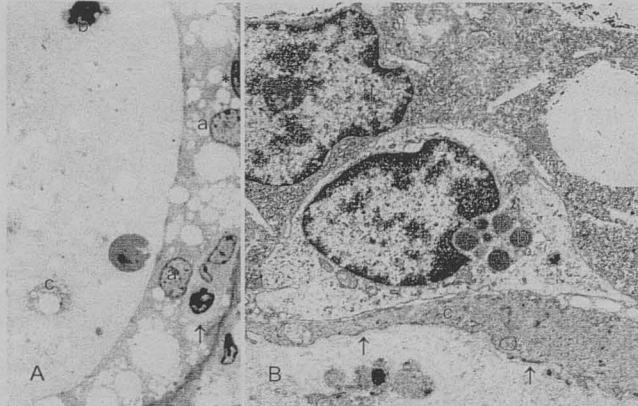


Abb. 120A: Alveolarepithel, intraepithelialer Lymphozyt (↑), Laktozyt (a), neutrophiler Granulozyt im Sekret (b), Zytoplasmfragment (c), Myoepithelzelle (*), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

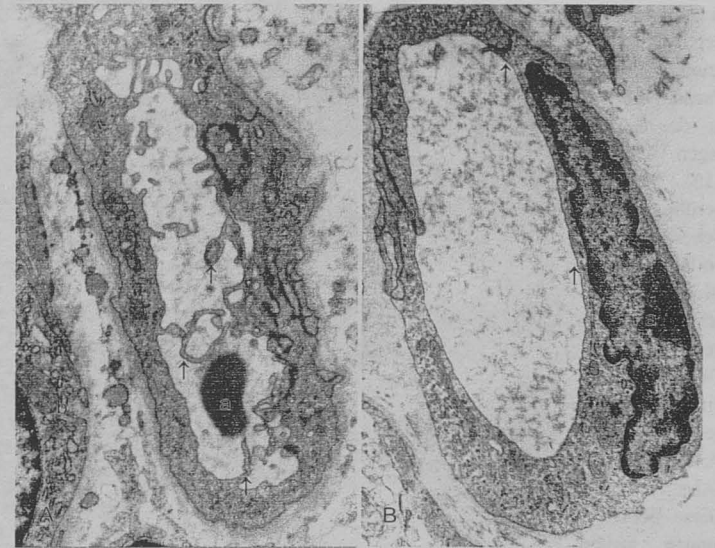
Abb. 120B: Alveolarepithel mit Makrophage (a), Lysosomen (b), Myoepithelzelle (c), Lam. basalis (↑), Laktozyt (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Deutlich treten die fokalen Verdichtungen der Filamente hervor (Abb. 119, 120B), an denen Myofilamente fixiert sind. Diese gehören ebenso zu den morphologischen Kennzeichen der Zellen wie die langen Hemidesmosomen zur Lam. basalis an der basalen Zellmembran (Abb. 119, 120B). Aus der Ab-

und füllt die sehr weiten Interzellularräume aus (Abb. 118A).

Die Myoepithelzellen besitzen einen langgestreckten spindelförmigen Kern (Abb. 120A). Regelmäßig ist er mit leichten Einziehungen versehen (Abb. 118A, 120A). Das charakteristisch dichte Sarkoplasma enthält einige Mitochondrien und rER.

bildung 111B geht hervor, daß sich u. U. die Längs- und Querfortsätze der Zellen überkreuzen können. Im Verlaufe der Involution erfährt die Zelle keine Veränderungen bis auf das gelegentliche Vorkommen apoptotischer Körperchen (Abb. 119).



Im basalen Abschnitt des Epithelverbandes

Abb. 121A: Blutkapillare, Endothelzelle mit pseudopodienartigen Fortsätzen (↑), Erythrozyt (a), Alveolarepithelzelle (b), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

der Drüsenzellen befindet sich eine verhältnismäßig geringe Anzahl an intraepithelialen Fremdzellen. Zu ihnen zählen neben Lymphozyten (Abb. 120A, 125B) und Makrophagen (Abb. 120B) auch neutrophile Granulozyten, die das Epithel passieren und in das Lumen gelangen.

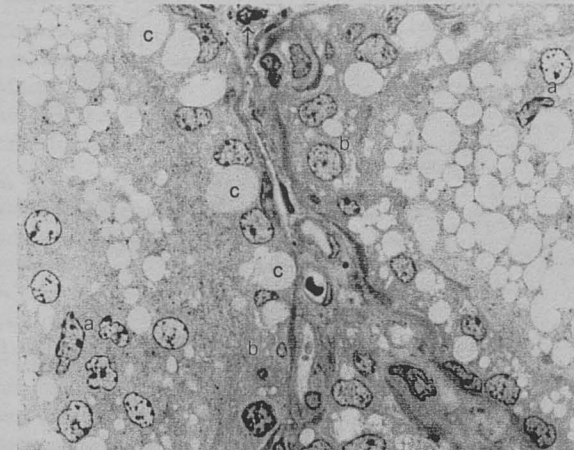


Abb. 122: ins Sekret abgeschilferte Laktozyten (a), Alveolarepithel (b), intrazellulärer Lipidtropfen (c), Mastzelle (↑) im interstitiellen Bindegewebe, Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Das interalveoläre Bindegewebe wird durch einzelne Mastzellen (Abb. 117A, 122) oder stellenweise auch Gruppen von neutrophilen Granulozyten (Abb. 125B) gekennzeichnet. Es enthält z. T. zahlreiche Adipozyten (Abb. 110A), keine Nerven und ist gut vaskularisiert.

Neben einer Vielzahl an Zytopenmsisbläschen zeichnen sich die Endothelzellen der Blutkapillaren dadurch aus, daß von der inneren Endotheloberfläche in hoher

⁵ zum leichteren Vergleich wurde die gleiche Vergrößerung wie in Abb. 121A gewählt

Anzahl und großer Deutlichkeit relativ lange Pseudopodien in das Lumen ragen (Abb. 115). Teilweise berühren diese Scheinfüßchen vorbeiziehende Blutzellen. Die schlanken fingerförmigen Oberflächen-differenzierungen knäulen sich z. T. auf (Abb. 121A). Diese Beobachtungen treffen auf die Mehrzahl der Kapillaren zu. Im intraalveolären Gewebe trockenstehender

Milchdrüsen existieren jedoch auch Kapillaren, denen die oben genannten Bildungen fehlen und die lediglich Überlappungen des Endothels im Grenzbereich zur benachbarten Zelle zeigen (Abb. 121B), also von herkömmlicher Beschaffenheit sind.

Im Milchsekret sind verschiedene Zellen und andere Strukturen enthalten. Es kommt vor, daß Gruppen von Alveolarepithelzellen in das Lumen abschilfern. Dabei behalten die Zellkerne der losgelösten Laktocyten zunächst ihre Morphologie noch bei (Abb. 122), bevor sie der Apoptose unterliegen (Abb. 123A). Neben Makrophagen mit primären oder sekundären Lysosomen (Abb. 123A) und neutrophilen Granulozyten (Abb. 120A) enthält das Sekret Zytoplasmafragmente der Laktocyten. So treten einzelne Zellorganellen, wie z. B. Mitochondrien oder ovale Plasmastücken

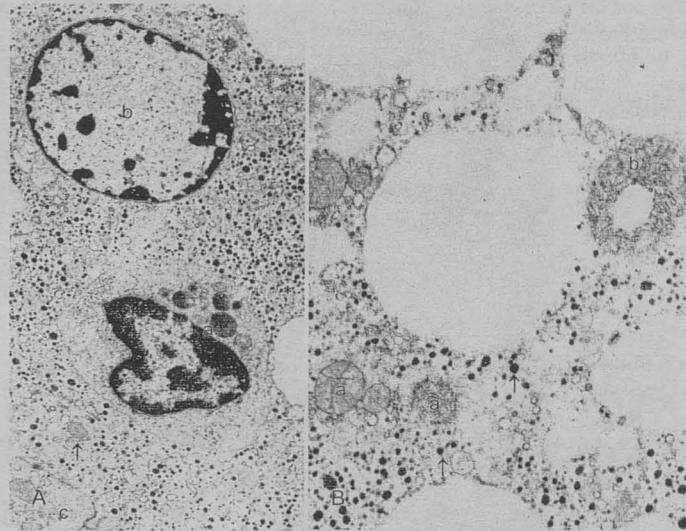


Abb. 123A: Milchsekret, Makrophage mit Lysosomen (a), Zellkern einer losgelösten Alveolarepithelzelle (b), Alveolarepithel (c), elektronendichte Proteingranula (*), Mitochondrium (↑), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Abb. 123B: Mitochondrium (a) und Fragmente mit rER (b), Proteingranula (↑), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

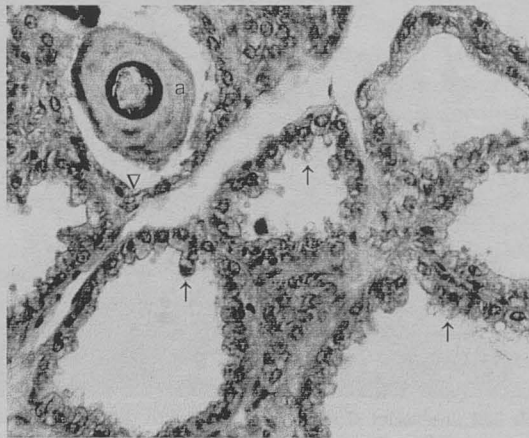


Abb. 124: Laktierendes Drüsengewebe, konzentrisch geschichtetes intraalveoläres Corpus amylaceum (a), Alveolarepithel auf flachen (V) oder kuppelförmigen Zellen (↑), Hämatoxylin-Eosin, 400x.

mit einem rER-Anteil im Lumen auf (Abb. 123B).

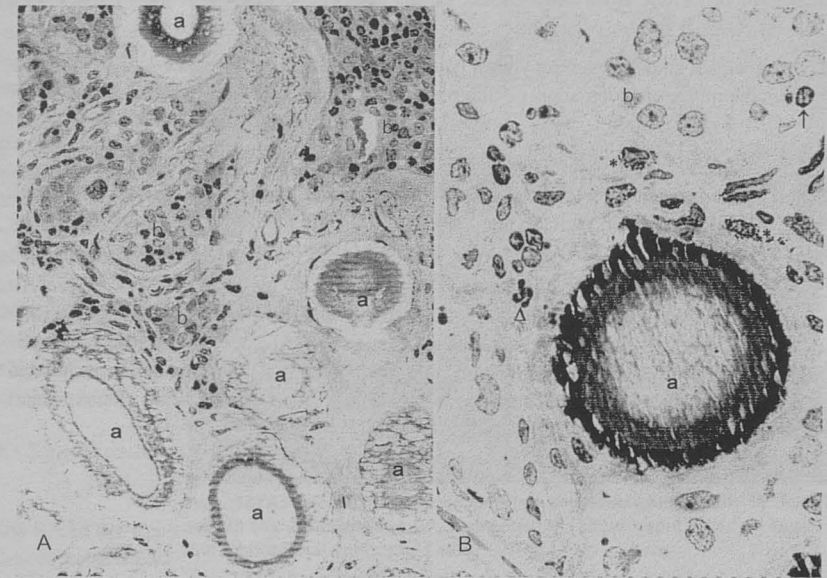


Abb. 125A: Nicht-laktierendes Drüsengewebe, mehrere extraalveoläre Corpora amylacea (a), unentfaltete Alveole (b), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 400x.

Abb. 125B: Geschichtetes intraalveoläres Corpus amylaceum (a), Alveolarepithel (b), Lymphozyt (↑), Mastzelle (*), neutrophiler Granulozyt (Δ), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Corpora amylacea existieren sowohl im involutierenden als auch im sezernierenden Milchdrüsenparenchym. Dabei sind sie im trockenstehenden Drüsengewebe deutlich zahlreicher.

In der laktierenden Milchdrüse kommen große einzelne Milchsteinchen vor, die eine intraalveoläre Lage einnehmen. Sie besitzen eine konzentrische Schichtung mit unterschiedlicher Farbauffinität. Alveolen, die ein Milchsteinchen enthalten, besitzen ein abgeflachtes Epithel (Abb. 124).

Im trockenstehenden Milchdrüsengewebe sind die Corpora amylacea sowohl intra- als auch extraalveolär im interstitiellen Bindegewebe zu finden, wobei die letztgenannte Lokalisation eindeutig vorherrscht. Peripher werden die Gebilde kaum von Zellen umgeben (Abb. 125A). Bei keinem Tier tauchen Corpora amylacea in den kleinen oder gro-

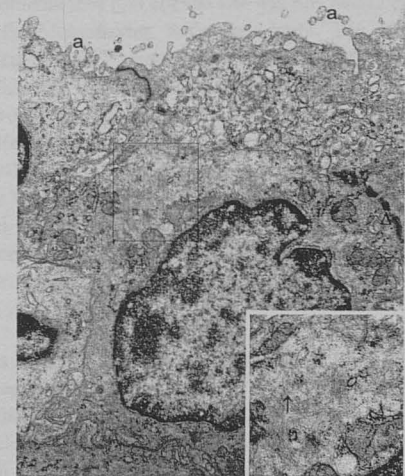


Abb. 126: Ductus lactifer, oberflächliche Zelle mit Mikrovilli (a), tiefe Zelle, Desmosomen (Δ), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

Einsatz: Intermediärfilamente (↑), ca. 12 000x.

Ben Milchgängen auf.

Die Milchsteinchen variieren in ihrer Größe. Einige sind konzentrisch geschichtet (Abb. 124, 125A, 125B).

Bei mehreren Tieren sind Corpora amylacea häufiger Bestandteil der akzessorischen Milchdrüsenläppchen, die im Bereich des Sinus lactifer unter dem Zisternenepithel ausgebildet sind (Abb. 135).

Die Ductuli lactiferi tragen ein zwei- bis dreischichtiges Epithel. Die oberflächlichen Zellen wölben sich etwas ins Lumen hinein. Hervorzuheben sind die stummelförmigen Mikrovilli an der apikalen Zelloberfläche (Abb. 126). Der Zellkern besitzt Einkerbungen. Ultrastrukturell entsprechen diese Zellen den Alveolarepithelzellen.

Unter den oberen Epithelzellen liegen eine oder mehrere Zellagen aus schlanken Zellen. Ihre relativ großen Zellkerne haben eine unregelmäßige Oberfläche (Abb. 126). Auffällig sind Interdigitationen, weite Interzellularräume sowie die ausgebildeten Desmosomen zu den benachbarten Zellen. Außerdem werden sie durch intrazytoplasmatische Intermediärfilamente charakterisiert (Abb. 126).

3.2.3.3. Zitze

Die schon bei Rind und Pferd getroffene Unterteilung der Wand der Zitze in die äußere Haut, die bindegewebig-muskuläre Mittelschicht und das Epithel der Zisterne bzw. des Zitzenkanals gilt ebenfalls für das Schaf (Abb. 127A, 127B, 132).

3.2.3.3.1. Äußere Haut

Die Stärke der Epidermis variiert und ist stellenweise extrem gering (Abb. 127B, 130, 132).

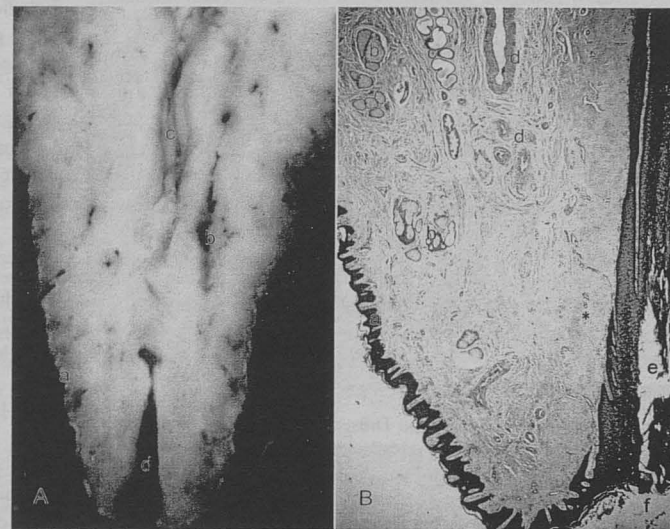


Abb. 127A: Integumentum commune (a), angeschnittene Gefäße in der Mittelschicht (b), Zitzenzisterne (c), pigmentierter Ductus papillaris (d), Längsschnitt, Auflichtfoto, Nativpräparat, 3,8x.

Abb. 127B: Epidermis mit deutlichem Papillarkörper (a), Talgdrüse (b), Schweißdrüse (c), Gefäße in der Mittelschicht (d), Ductus papillaris (e), Ostium papillare (f), glatte Muskelzellen (*), Längsschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 25x.



Abb. 128: Haarfollikel, basaler Wurzelbereich von apokrinen Endstücken (a) umgeben, Talgdrüse (b), Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Dem vorzugsweise pigmentierten Str. basale folgt das Str. spinosum, das sich aus bis zu 10 Schichten zusammensetzen und ebenso wie das Str. basale einzelne große Melanozyten aufweisen kann. Die Keratinozyten des Str. granulosum zeichnen sich durch ihre Größe und ihre abgeplatteten Zellkerne aus. Weiterhin werden die feine basophile Granula in der bis zu drei Zellagen umfassenden Schicht lichtmikroskopisch deutlich. Während am Ostium papillare ca. 10 Zellagen vorhanden sind, werden sie zunächst auf zwei bis drei und an der Zitzenbasis auf eine Lage vermindert. Ebenso reduziert sich allmählich die hohe Anzahl der Hornlamellen des Str. corneum bei der Annäherung an die Zitzenbasis.

Das Epithel sitzt relativ flachen Papillen auf, die sich gelegentlich verzweigen. Im distalen Zitzenbereich verlängern sie sich (Abb. 127B, 132) und reichen stellenweise bis zur oberen Zellage der Epidermis. Der sich darunter anschließende schmale bindegewebige Streifen des Str. superficiale dermidis aus feinen Kollagenfasern wird von Blutkapillaren mit perivaskulärem Infiltrat durchzogen.



Abb. 129: Angrenzende apokrine Drüsen in unterschiedlichem Sekretionsstadium, kuppelförmige (a) und flache Drüsenepithelzellen (b), glatte Muskelzellen (c), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Bei dieser Spezies kommen grobe Kollagenfaserbündel im Bereich der tiefen Dermis (Str. profundum) vor, die lediglich nahe der Endstücke der apokrinen Schlauchdrüsen durch Fasern feinerer Struktur substituiert werden.

Die Behaarung reicht bis zur Zitzenspitze. Es treten dabei sowohl einzelne große Haare (ca. 1 cm lang) als auch kleinere schwarz pigmentierte Haare auf. Häufig beobachtet man zwei

Haare nebeneinander, die einem Sekundärfollikel angehören. Es ist auffällig, daß die Wurzeln ei-



Abb. 130: Apokrine Schlauchdrüse mit Azinus (a), Sinus (b) und Ausführungsgang (c) mit Pore (d), Haarfollikel (e), benachbarter Haar-Hautdrüsen-Komplex (f), Talgdrüse (g), glatte Muskelzellen (h), Längsschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Einsatz: Detailvergrößerung aus Abb. 130, Sinusepithel (a), beginnender Ausführungsgang (b), epithelialer Haarbalg (c), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

niger Haare von zahlreichen Schlauchdrüsenendstücken fast vollständig umgeben werden (Abb. 128, 130).

Mm. arrectores pilorum sind nur wenig entwickelt (Abb. 130).

In der Dermis kommen apokrine Schlauchdrüsen vor, deren zahlreiche Endstücke durch Bindegewebe zu komplexen Strukturen vereinigt werden. Die relativ weiten und stark geschlängelt verlaufenden Azini beginnen im unteren Drittels des Haarfollikels und verlaufen bis unmittelbar unter die Haarpapille. Wie bereits festgestellt, können einige Endstücke die Haarwurzel völlig umgeben (Abb. 128, z. T. 130).

Die Gestalt der Drüsenepithelzellen variiert beträchtlich in Abhängigkeit von ihrem jeweiligen Sekretionsstadium. So trifft man in unmittelbarer Nachbarschaft Endstücke mit hohem Zylinderepithel und apikalen Protrusionen neben einer Drüse an, die ganz flache Epithelzellen besitzt (Abb. 129). Durch die Protrusionen, eine hochprismatische Zellgestalt, einen stets basal liegenden Zellkern und ihr azidophiles Zytoplasma werden die aktiven Drüsenzellen, typische Kuppel-

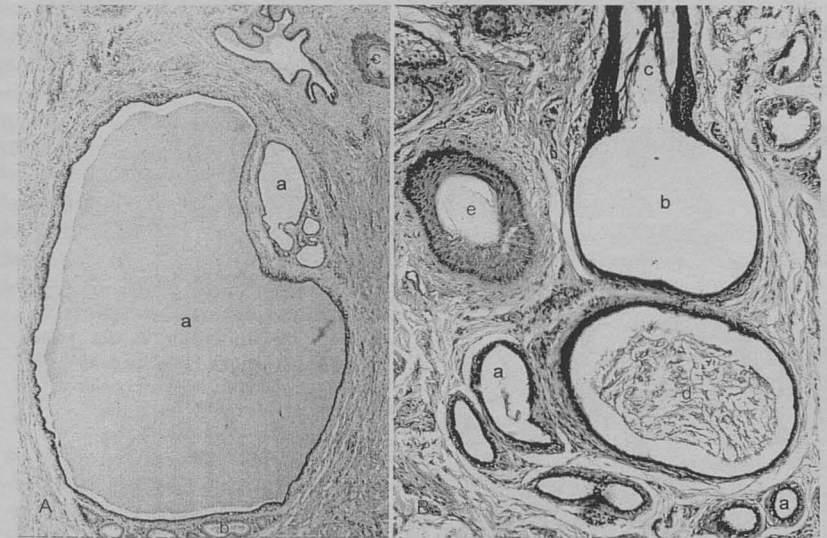


Abb. 131A: Sinus gl. sudoriferae mit zellfreiem Sekret (a), sekretorisch aktive Azini (b), Haar (c), Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Abb. 131B: Azinus (a), Übergang des Sinus (b) in den Ductus excretorius (c), Hornschuppen (d), Haar (e), Längsschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 200x.

zellen, gekennzeichnet.

Das Myoepithel säumt peripher das Drüsenepithel. In Richtung der Zitzenspitze, ab Höhe des Ductus papillaris, kommt diese Hautdrüsenart nicht mehr vor (Abb. 127B).

Im Bereich der Zitzenspitze bestehen vereinzelt dilatierte Drüsenendstücke, Sinus (Abb. 131A, 131B), die ein zwei- bis dreischichtiges Epithel ausgekleidet (Abb. 130) und die mehrere Drüsen-schläuche aufnehmen. Teilweise beherbergt ihr Lumen ein zellfreies Sekret (Abb. 131A), z. T. auch abgeschilfte Hornschuppen (Abb. 131B).

Der Sinus trägt ein zweischichtiges Epithel mit Myoepithelzellen. Er wird schließlich abrupt en-

ger und geht in den Ausführungsgang über (Abb. 130, 131B). Dieser setzt sich deutlich durch ein mehrschichtiges Plattenepithel von dem Sinus ab. Der Ductus excretorius mündet schließlich durch eine Pore neben dem Haar auf der Epidermisoberfläche (Abb. 130).

Talgdrüsen kommen in der gesamten Zitzenhaut bis hin zur Zitzenspitze vor. Einzelne Zitzenabschnitte enthalten ausgesprochen große mehrlap-pige Talgdrüsen (Abb. 127B, 128, 132). Infolge der allmählich einsetzenden Zytolyse der Talgzellen werden z. B. die Zellkerne pyknotisch. Zwischen die peripheren Matrixzellen einiger Läppchen sind auch Melanozyten eingestreut.

3.2.3.3.2. Mittelschicht

Ohne eine dazwischen liegende Hypodermis folgt der äußeren Haut die Mittelschicht. Große und mittlere Gefäße sind ausnahmslos in dieser Zone anzutreffen und bilden, räumlich betrachtet, an-

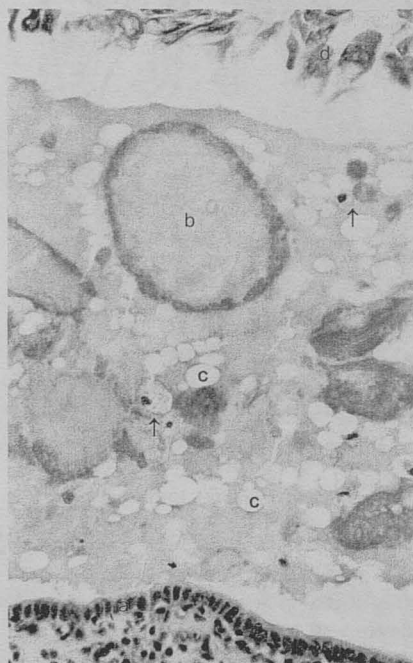


Abb. 133: Sinus lactifer mit Milchsee, Zisternenepithel (a), Milchprotein (b), Alveolarepithelzelle (↑), Fettvakuole (c), abgeschilferte pigmentierte Hornschuppen des Ductus papillaris-Epithels (d), Hämatoxylin-Eosin, 400x.



Abb. 132: Gefäßanschnitte in der Mittelschicht (a), Epidermis (b), Haarfollikel (c), glatte Muskelzellen (d), Ductus papillaris (e), Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 25x.

nähernd einen Ring (Abb. 132). In Richtung Zitzenspitze nimmt die Lumenweite der Gefäße ab, ihre Anzahl hingegen zu. Durch Verdickung der T. intima gleichen die Venen hinsichtlich der Wandstärke den Arterien (Abb. 132). Bei manchen Tieren kann man kaum Lymphgefäße erkennen, bei anderen wiederum sind sie häufiger und besitzen Klappen.

In Bezug auf die gesamte Zitze kommen in der Mittelschicht die meisten glatten Muskelzellen vor. Eine Ausnahme stellt ihre geringe Anzahl bei Schaf 1 dar. Sie sind in kleinen Bündeln organisiert und in dieser Zone zunächst gleichmäßig verteilt (Abb. 127B). Nach zentral, zum Ductus papillaris hin,

wächst die Häufigkeit der Muskelzellen im subepithelialen Gewebe (Abb. 132, 137A, 138).

Zwischen den groben Kollagenfaserbündeln befinden sich auch elastische Fasern.

3.2.3.3.3. Sinus lactifer bzw. Ductus papillaris

Ein- bis zweischichtiges (Abb. 133) oberflächlich stark gefaltetes Epithel kleidet die relativ weite Pars papillaris des Sinus lactifer aus, wobei die großen Falten noch weitere kleine Einsenkungen erfahren (Abb. 134, 136A).

Regelmäßig bleibt nach der Präparation etwas Milchsekret im Lumen des Sinus lactifer erhalten. Lichtmikroskopisch lassen sich darin u. a. Fettvakuolen, Hornschuppen und Proteine differenzieren (Abb. 133). Letzgenannte werden mit Hämatoxylin deutlich angefärbt und nehmen die größten Flächenanteile ein. Da das Str. corneum des mehrschichtigen Plattenepithels des Ductus papillaris massiv abschilfert, tauchen auch Hornschuppen als pigmentierte längliche Strukturen im Milchsee der Zisterne auf (Abb. 133).

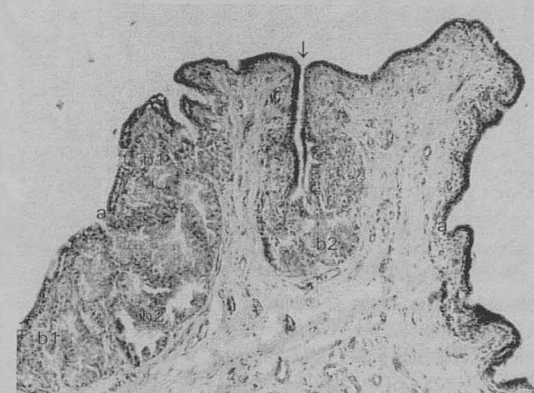


Abb. 134: Sinus lactifer, Epithel (a), oberflächliche (b1) und tiefe (b2) akzessorische Milchdrüsenalveolen, Öffnung in die Zitzenzisterne (↓), Hämatoxylin-Eosin, 100x.



Abb. 135: Übergang vom Sinus lactifer (a) in den Ductus papillaris (b), akzessorische Milchdrüsenalveolen (c) z. T. mit Corpora amylacea (↓), FÜRSTENBERG-Rosette (d), glatte Muskelzellen (e), Längsschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Innerhalb der somatischen Milchzellen kann man lichtmikroskopisch Alveolarepithelzellen, Granulozyten, Lymphozyten sowie mit Abstrichen auch Makrophagen differenzieren. Während die großen Laktocyten über ein reichlich vakuolisiertes Zytoplasma und einen ovalen Kern verfügen, sind Makrophagen durch ihren nierenförmigen Zellkern charakteri-

siert. Hingegen zeichnet die neutrophilen Granulozyten ein segmentierter Zellkern aus.

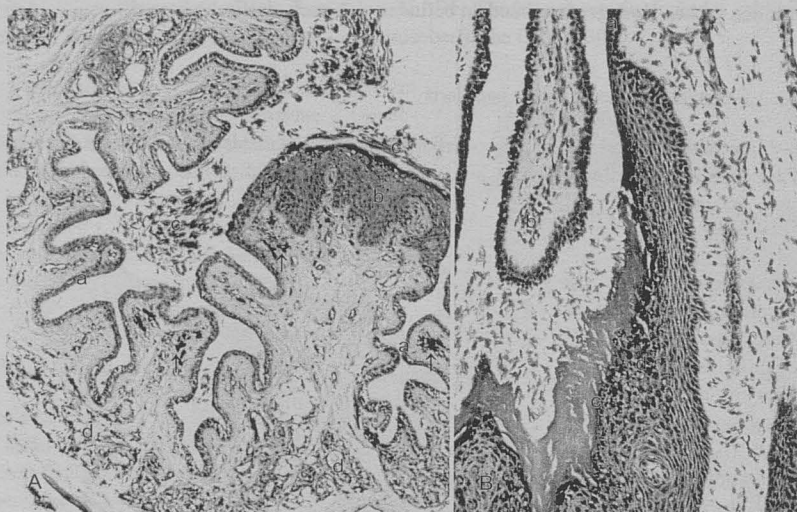


Abb. 136A: Übergangsbereich des Sinus lactifer in den Ductus papillaris, Epithel des Sinus lactifer (a), mehrschichtiges Plattenepithel (b) mit abgeschilfitem Str. corneum (c) des beginnenden Ductus papillaris, akzessorische Milchdrüsen (d), Melaningranula (↑), Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Abb. 136B: Epithel des Sinus lactifer (a), FÜRSTENBERG-Rosette (b), mehrschichtiges Plattenepithel mit Str. corneum (c) und Str. granulosum (d) des Ductus papillaris, Längsschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 200x.

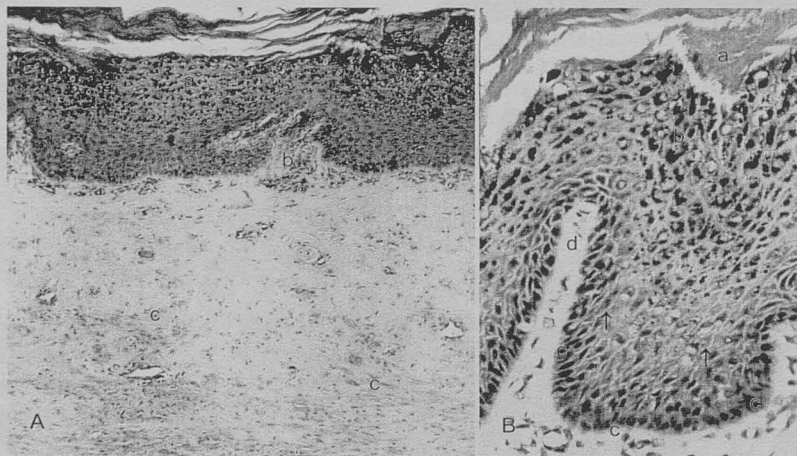
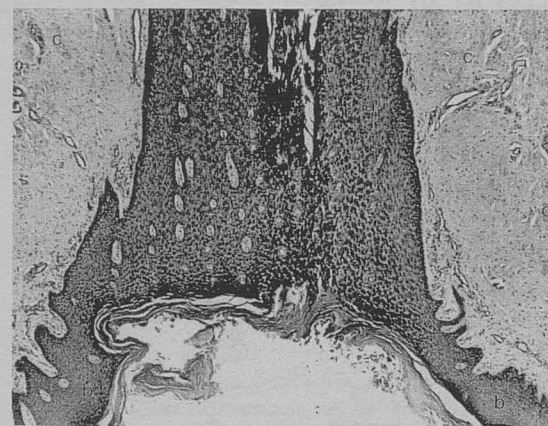


Abb. 137A: Ductus papillaris, Str. granulosum (a), Papille (b), M. sphincter papillae (c), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Abb. 137B: Mehrschichtiges Plattenepithel des Ductus papillaris, Str. corneum (a), breites Str. granulosum (b), Str. spinosum mit Interzellularbrücken und weiten Zwischenzellräumen (↑), Str. basale (c), vaskularisierte Papille (d), Hämatoxylin-Eosin, 400x.

Akzessorische Milchdrüsenläppchen sind bei allen untersuchten Schafen ausgebildet (Abb. 135), bei zwei Tieren kann man außerdem zwei verschiedene Alveolen-

Abb. 138: Verdichtete glatte Muskelzellen (a) im subepithelialen Bereich des Ductus papillaris (b), ausgeprägter Papillarkörper (c), Venen (d), Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.



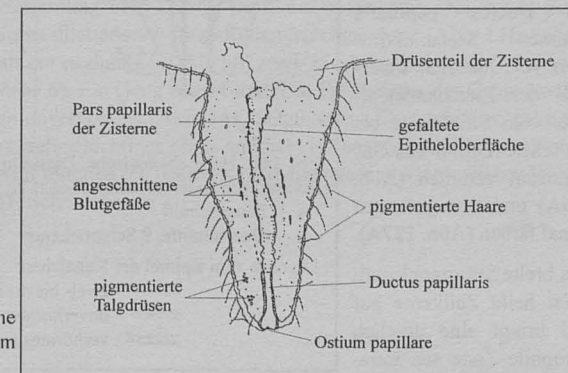
typen unterscheiden. So kommen einerseits unmittelbar subepithelial Drüsenendstücke (oberflächliche Alveolen) vor, die aus azidophilen hochprismatischen Zellen bestehen und kein erkennbares Lumen aufweisen (Abb. 134). Im Bindegewebe zwischen den Alveolen verlaufen zahlreiche Kapillaren. Andererseits formie-

Abb. 139: Mehrschichtiges verhorntes Plattenepithel des Ductus papillaris (a), Epidermis am Ostium papillare (b), glatte Muskelzellen (c), Längsschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

ren sich etwas tiefer relativ weite Alveolen aus hellen stark vakuolisierten azidophilen Zellen (Abb. 134).

Die aktiv sezernierenden Alveolarepithelzellen stimmen zytologisch mit denen der eigentlichen Milchdrüse überein, worauf auch das häufig noch in den Alveolenlumen vorhandene Sekret hindeutet. Von den akzessorischen Milchdrüsen zieht ein gestreckter Ausführungsgang

Abb. 140: Anatomisch-histologische Struktur der Zitze des Schafes, im Längsschnitt.



direkt zur Lichtung des Sinus lactifer und mündet dort ein (Abb. 134).

Bei der Hälfte der Tiere sind die akzessorischen Milchdrüsenläppchen so großflächig, daß sie das subepitheliale Faltenstroma nahezu vollständig ausfüllen. Diese Läppchen reichen in ihrer räumlichen Ausdehnung bis dicht an den Übergang in den Ductus papillaris, der FÜRSTENBERG-Rosette, heran (Abb. 135, 136A).

Bei vier Tieren kommt in den akzessorischen Milchdrüsenläppchen eine Vielzahl an Corpora amylacea vor, die eine intraalveoläre Lage einnehmen (Abb. 135).

Im Bereich der FÜRSTENBERG-Rosette wird das stark gefaltete Oberflächenrelief zu einem ein-drucksvollen Labyrinth (Abb. 135). Das Gebiet ist weiterhin sowohl durch lokale zelluläre Infiltrationen als auch durch akzessorische Milchdrüsenläppchen gekennzeichnet (136B), wie bereits erwähnt.

Der Wechsel des Epithels von der Zisterne zum mehrschichtigen Plattenepithel des Ductus papillaris erfolgt abrupt (Abb. 135, 136A, 136B) und wird u. a. infolge des Erscheinens von Keratohyalin granula sowie durch die einsetzende starke Verhornung offensichtlich (Abb. 135, 136B).

Subepithelial des Sinus lactifer sowie im Epithel des Ductus papillaris kommen Melaninkörnchen vor, die sich innerhalb des Zitzenkanalepithels vom Str. basale bis ins untere Drittel des Str. spinosum verteilen (Abb. 136A) und den gesamten Kanal färben (Abb. 127A).

Das breite Str. granulosum weist helle Zellkerne auf und bringt eine deutlich basophile Zone aus intra-

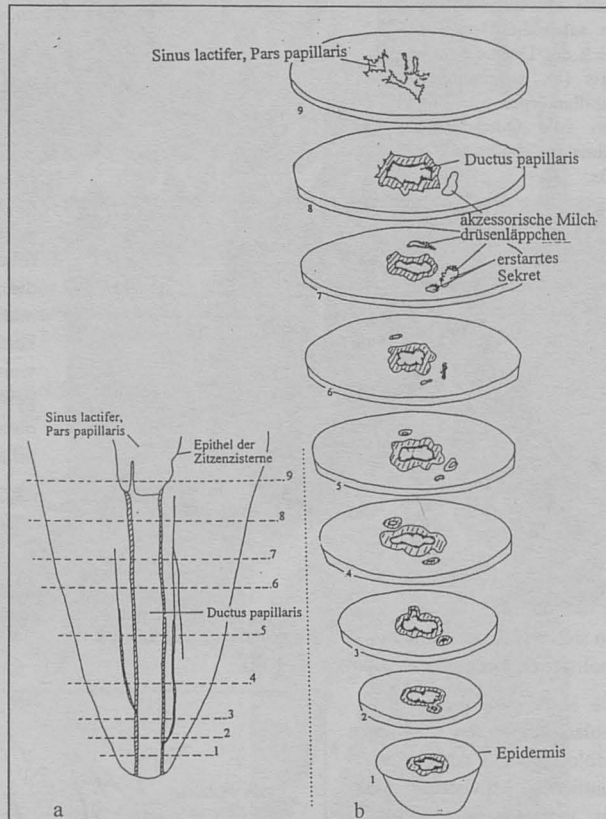


Abb. 141: Halbschematische Darstellung der Befunde zur Zitze, gezeichnet nach Serienschnitten, Schaf 7.

a Längsschnitt

b Querschnitte, 9 Schnittebenen

Legende zum Epithel der Kanälchen:

- zwei- bis dreischichtiges Epithel
- == unverhorntes mehrschichtiges Plattenepithel
- /// verhorntes mehrschichtiges Plattenepithel

zellulärer Granula unterschiedlicher Größe hervor. Diese Schicht nimmt oft mehr als die Hälfte der Epithelstärke ein (Abb. 137A, 137B). Bei einem Tier (Schaf 9) besteht das Str. granulosum z. B. aus ca. 7 Zellagen. Ebenfalls bemerkenswert und zu erwähnen ist das sehr mächtige Str. corneum (Abb. 138).

Der Ductus papillaris besitzt kein gleichmäßig glattes, sondern ein in Reser-vefalten gelegtes Epithel und somit ein unregelmäßig gestaltetes Lumen (Abb. 138). Hauptsächlich am Übergang zum Sinus lactifer verankern sehr schlanke Papillen, die in spitzem Winkel verlaufen, das Epithel auf der Unterlage (Abb. 127B, 135, 138).

Das Bindegewebe verdichtet sich subepithelial zu einem deutlichen Streifen (Abb. 132), der u. a. glatte Muskelzellen (Abb. 138), Melaningranula (Abb. 136A) und initiale Lymphkapillaren enthält. Die glatten Muskelzellen formieren sich zum M. sphincter papillae (Abb. 127B, 137A).

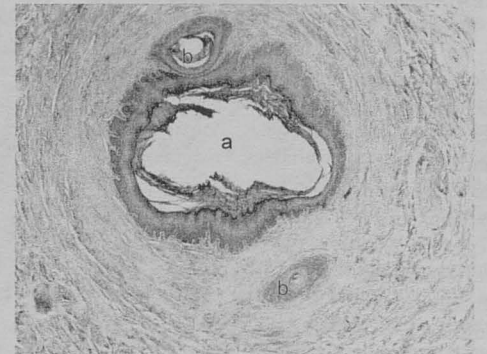


Abb. 142: Schnittebene 4, Ductus papillaris (a), zusätzliche Kanäle, ausgekleidet mit mehrschichtigem Plattenepithel (b), Schaf 7, Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 25x.

Am Ostium papillare geht das Epithel kontinuierlich in die Epidermis der äußeren Haut über, die ebenfalls mit einem markanten Corpus papillare auf ihrer Unterlage verankert ist. Dabei reduziert sich die Epithelhöhe vorwiegend aufgrund der Verminderung der Zellschichten der Strata granulosum et corneum (Abb. 139).

In Abbildung 140 sind einige anatomisch-histologische Aspekte der Zitze zusammenfassend dargestellt.

Bei drei Schafen ergeben die Studien, daß der Ductus papillaris nicht grundsätzlich in der Einzahl auftritt. Diese Beobachtung soll im weiteren am Beispiel von Schaf 7 (Abb. 141) erläutert werden.

Die Zisterne (Abb. 141, Schnittebene 9) setzt sich in einem Hauptzitzenkanal fort (Abb. 141, Schnittebene 8). In geringer Entfernung vom Ductus papillaris treten dann drei akzessorische Milchdrüsenläppchen mit je einem dilatierten sekretgefüllten Milchgang auf (Abb. 141, Schnittebene 7). Dieser wird jeweils als ein englumiger Gang mit zwei- bis dreischichtigem Epithel weitergeführt (Abb. 141, Schnittebene 6). Ein Gang endet blind. Die Epithelhöhe des Ganges wächst stetig, so daß man zunächst ein unverhorntes (Abb. 141, Schnittebene 5), schließlich nahe dem Ostium papillare ein verhorntes mehrschichtiges Plattenepithel vorfindet (Abb. 141, Schnittebene 4, Abb. 142). Im weiteren Verlauf münden die beiden Kanäle in etwas unterschiedlicher Höhe in den Ductus papillaris (Abb. 141, Schnittebenen 3-1).

3.2.4. Milchdrüse der Ziege

3.2.4.1. Euterhaut

Die Untersuchungen zeigen, daß das Integumentum commune der Ziege in den entnommenen Regionen zwei unterschiedliche Modifikationen aufweist, die Haut des Sinus inguinalis und die übrige Haut der Mammarkomplexe.

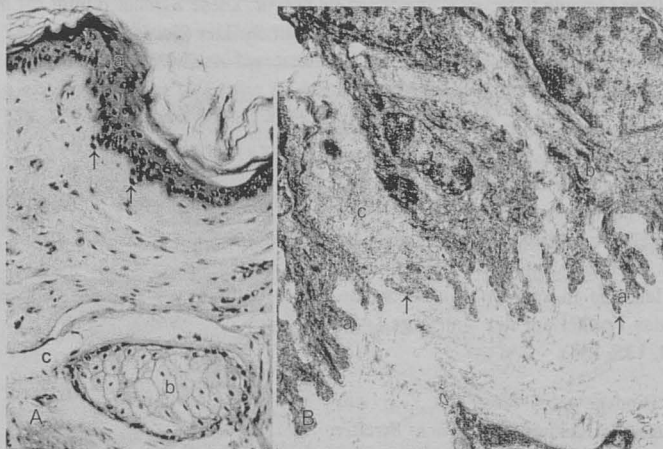


Abb. 143A: Sinus inguinalis, Epidermis (a), Melaningranula (↑), Gl. sebacea (b), Lymphkapillare (c), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Abb. 143B: Str. basale, Keratinozyt mit Wurzelfüßchen (a) und Tonofibrillen (b), Lam. densa (↑), Melanozyt (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Haut des Sinus inguinalis

Die gleichmäßig dünne Epidermis besteht aus relativ kleinen Keratinozyten. Es ist ein starkes Str. corneum zu beobachten. Das Str. granulosum umfaßt lediglich eine Zellschicht. Die großen runden Zellen des Str. spinosum liegen in maximal 1-2 Lagen verteilt vor (Abb. 143A). Das Str. basale präsentiert sich als eine durchgehende Schicht länglicher azidophiler Epidermiszellen, die über Wurzelfüßchen die Verbindung zur Basalmembran herstellen und zwischen die Melanozyten eingestreut sein können. Neben vielen Ribosomen enthält das Zytoplasma u. a. Intermediärfilamente, die dichte Bündel bilden (Abb. 143B).

Unterlagert wird das Epithel von kleinen, sehr flachen Papillen. Unmittelbar unterhalb der Basalzellen kommen an der dermo-epidermalen Verbundzone vereinzelt ebenfalls Melanozyten vor (Abb. 143A). Im wesentlichen beherbergt das angrenzende Str. superficiale dermidis in hoher Dichte feine kollagene Fasern. Es sind zahlreiche Haare zu beobachten, die tiefe Follikel haben (Abb. 144). Auffälligerweise sind kaum Lymphgefäße vorhanden.

In der Tiefe folgt danach das Str. profundum dermidis, das sich aufgrund grober Kollagenfasern vom Str.

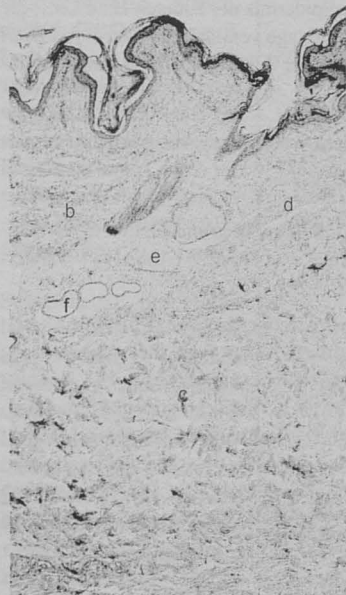


Abb. 144: Sinus inguinalis, Epidermis (a), Str. superficiale dermidis (b) Str. profundum dermidis (c), M. arrector pili (d), Talgdrüse (e), Schweißdrüse (f), Hämatoxylin-Eosin, 50x.



Abb. 145A: Ausführungsgang einer Schweißdrüse (a), Hautpore (b), Talgdrüse, periphere Melaninkörnchen (↑), M. arrector pili (c), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Abb. 145B: Ausführungsgang, zunächst noch weitlumig (a), dann eng (b), mündet mit Pore (c) neben dem Haar, M. arrector pili (d), Hämatoxylin, 100x.

senepithelzellen die Form von Kuppelzellen an, ihre Zellform ist häufiger mehr oder weniger abgeplattet. Wenn noch Reste des gebildeten Sekretes an der apikalen Zellmembran haften bleiben, erscheint häufig die Lumenseite eines Endstückes wie „ausgefranst“. Die Drüsenzellen verfügen über einen langgestreckten ovalen Zellkern. Bei Flachschnitten von Endstücken wird eine hexagonale Zellgestalt erkennbar. Peripher säumen unauffällige Myoepithelzellen das Drüsenepithel.

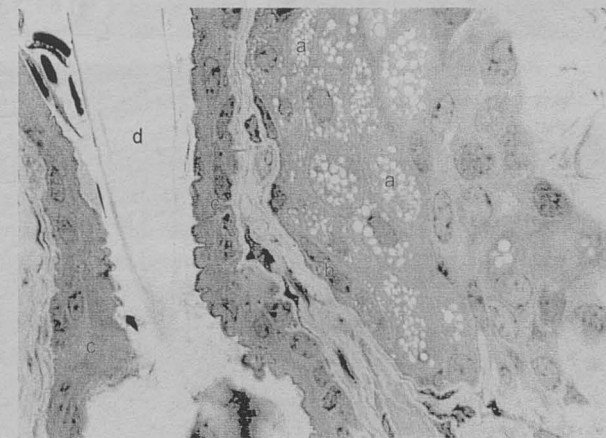


Abb. 146: Talgdrüse, aktive Drüsenzellen (a), Matrixzelle (b), epithelialer Haarbalg (c), Haar (d), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

superficiale abhebt. Hautdrüsen treten nur noch in seinem oberen Bereich auf (Abb. 144). Dagegen können diffus verteilt schmale Schichten aus feinen Bindegewebsfasern konstatiert werden, in denen alle Versorgungsbahnen verlaufen.

Üblicherweise sind die Haarfollikel mit Talgdrüsen assoziiert (Abb. 146). Die für diesen Hautdrüsentyp charakteristischen polygonale Drüsenepithelzellen mit hellem stark vakuolärem Zytoplasma (Abb. 145A, 146) bilden Drüsen, die aus mehreren Läppchen bestehen. Bei der Ziege erreichen die Talgdrüsen insgesamt lediglich relativ geringe Größen (Abb. 144). Stellenweise treten auch einige Melanozyten zwischen den peripheren Talgzellen auf (Abb. 143A, 145A).

Die apokrinen Schlauchdrüsen besitzen Sekrettubuli mittlerer Weite und bilden, da lediglich wenige Endstücke pro Drüse ausgebildet sind, insgesamt nur kleine Komplexe. Die Azini bleiben in ihrem Vorkommen auf das untere Drittel des Haarfollikels und somit nur auf den schmalen oberen Teil des Str. profundum beschränkt (Abb. 144).

Selten nehmen die sekretorisch aktiven Drü-

Aus den Azini geht ein englumiger Ausführungsgang hervor, der anfangs ein zweischichtiges Epithel und Myoepithel besitzt. In seinem weiteren Fortgang tendiert er progressiv zur Mehrschichtigkeit und verliert die Myoepithelzellen. Er verläuft dann im weiteren parallel zu dem zugehörigen Haarfollikel, zieht häufig zwischen Läppchen der Gll. sebaceae hindurch und endet entweder frei auf der Epidermisoberfläche (Abb. 145A, 145B) oder mündet in den Haartrichter an seinem oberen Ende.

Die Mm. arrectores pilorum sind verhältnismäßig gut ausgebildet (Abb. 144). Sie setzen unterhalb der Gll. sebaceae an der basalen Haarwurzel an (Abb. 145B). Andere glatte Muskelzellen treten in der Haut des Sinus inguinalis kaum auf.

Haut der Mammarkomplexe

Im Vergleich mit der Haut des Sinus inguinalis unterscheidet sich die Haut der Mammarkomplexe in einigen Merkmalen. Sie ist mit einer dickeren gleichmäßig gestalteten Epidermis versehen, die auf einem deutlichen Corpus papillare ruht (Abb. 147). Dem starken Str. corneum folgt das Str. granulosum, das aus maximal 2-3 Schichten besteht, so daß die Keratohyalin granula in einem breiteren Streifen auftreten (Abb. 148A) als es im Sinus inguinalis der Fall ist. Das Str. spinosum umfaßt ebenfalls mehrere Zellagen und bildet Interzellularbrücken (Abb. 148A,

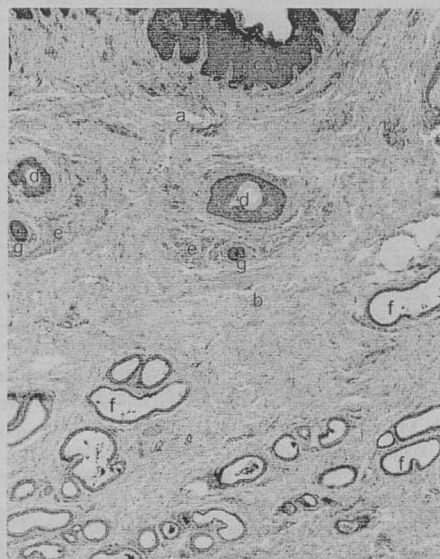


Abb. 147: Haut der Mammarkomplexe, Str. superficiale (a), Str. profundum dermidis (b), Epidermis (c), Haarfollikel (d), M. arrector pili (e), Azini (f) und Ausführungsgang (g) der Schlauchdrüse, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

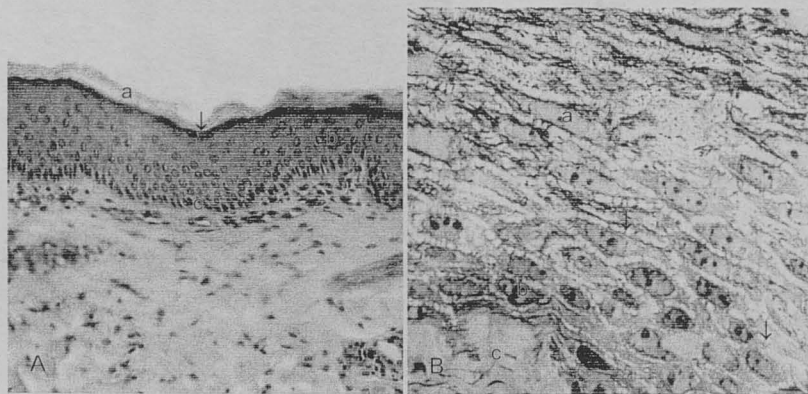


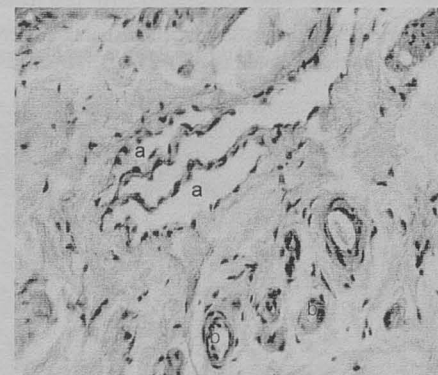
Abb. 148A: Mammarkomplex, Epidermis, Str. corneum (a), Str. granulosum (↓), Str. spinosum (b), Str. basale (c), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Abb. 148B: Str. spinosum (a), Interzellularbrücken (↓), Str. basale (b), Dermis (c), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

148B).

Allgemein präsentiert sich die Dermis arm an Blut- und Lymphgefäßen, doch weisen beide Strukturen ausgeprägte zirkulationsregulatorische Einrichtungen auf (Abb. 149). Davon abgesehen stellen sich das Str. superficiale und Str. profundum (Abb. 147) analog des Sinus inguinalis dar.

Die zahlreichen Haare sind jeweils mit einem relativ unscheinbaren M. arrector pili verbunden (Abb. 147).



Während die wenigen Talgdrüsen keine abweichende Morphologie aufweisen, sind die ovalen Endstücke der apokrinen

Abb. 149: Lymphatischer Präkolektor mit 2 Klappen (a), Blutkapillare (b), Hämatoxylin, 200x.



Abb. 150A: Apokrine Schlauchdrüse, weite Azini mit Sekretresten, Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Abb. 150B: Endstücke, Drüsenepithelzelle (a), Myoepithelzelle (↓), Lumen (b), Hämatoxylin-Eosin, 400x.

Schlauchdrüsen weiter (Abb. 150A) und zahlreicher (Abb. 147) als im Sinus inguinalis. Häufig verbleibt in den Azini ein basophiles meist zellfreies Sekret (Abb. 147, 150A).

Die überwiegend isoprismatischen Drüsenepithelzellen (Abb. 150B) zeigen nur gelegentlich leichte kuppelförmige Protrusionen. Im Flachanschnitt erkennt man eine fünfeckige Zellgestalt. Schmale Myoepithelzellen mit azidophilem Zytoplasma und einem kleinen langgestreckten Zellkern umgeben die Drüsenzellen (Abb. 150B).

Der kleinkalibrige Ausführungsgang der Drüse (Abb. 147) mündet ebenfalls in einer Pore neben dem Haar auf der Epidermisoberfläche. Ekkrine Schlauchdrüsen kommen nicht in der Haut der Milchdrüse vor.

3.2.4.2. Drüsengewebe

Die **laktierenden** Milchdrüsenlappchen charakterisieren jeweils ein großlumiger Ductus lactifer und voll entfaltete Alveolen (Abb. 151A, 151B). Die Alveolen weisen vornehmlich kantige und

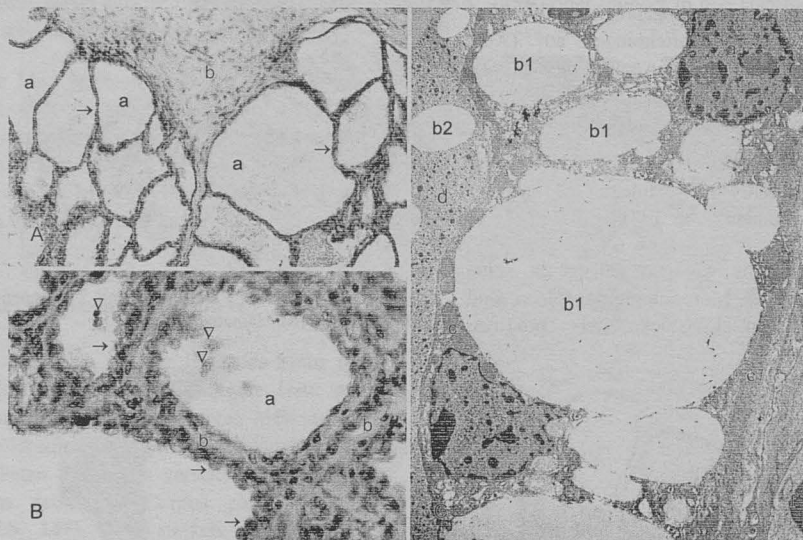


Abb. 151A: Laktierendes Drüsengewebe, gut entfaltete Alveolen eines Lobulus (a), schmales interalveoläres Bindegewebe (→), bindegewebige Septe (b), Hämatoxylin, 100x.

Abb. 151B: Laktierendes Drüsengewebe, unregelmäßig geformte Alveole (a), interalveoläres Bindegewebe (→), apikale Kuppeln (V), Hämatoxylin-Eosin, 400x.

Abb. 151C: Alveolarepithel, Laktozyt, Zellkern mit zwei Nukleoli (a), Fettvakuole in der Alveolarzelle (b1) und im Lumen (b2), Mitochondrien (c), Sekret im Lumen (d), Myoepithelzelle (e), Kapillare im interstitiellen Bindegewebe (f), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

schmale eingezogene Formen auf, die sich so gegenseitig in ihrer Gestalt beeinflussen (Abb. 151A, 163).

Von den verdichteten parallel verlaufenden kollagenen Fasern der Faszien im lockeren Bindegewebe ziehen Septen (Abb. 151A, 163) ins Organinnere. Ein Lobulus enthält wenig interalveoläres Bindegewebe (Abb. 151B, 154A).

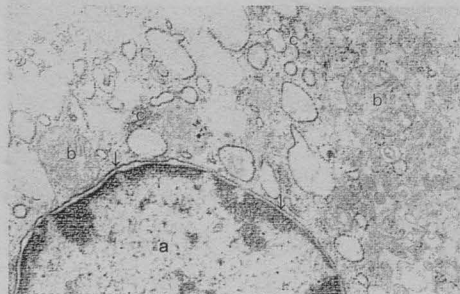


Abb. 152: Laktozyt, Zellkern (a), perinukleärer Spalt (↓), Mitochondrium (b), rER (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 12 000x.

Hinsichtlich der Zellhöhe der Alveolarepithelzellen läßt sich feststellen, daß Schwankungen auftreten. Betrachtet man unregelmäßig geformte Alveolen (Abb. 151A), stehen deutlich kuppelförmige Zellen an der gestauchten Seite (Abb. 151B), stehen deutlich kuppelförmige Zellen an der gestauchten Seite flachen isoprismatischen Zellen (Abb. 151C) an der gedehnten Fläche gegenüber.

Das Alveolarepithel setzt sich aus Drüsenzellen und Myoepithelzellen (Abb. 151C) zusammen. Die Laktozyten besitzen einen ovalen, meist basal liegenden Zellkern, der bis zu zwei Nukleoli enthalten kann (Abb. 151C). Oft wird sein perinukleärer Spalt erkennbar (Abb. 152). Besonders bei isoprismatischen Zellen sind die Kerne mit leichten Einkerbungen eher unregelmäßig geformt und werden u. U. von großen Fettvakuolen bedrängt (Abb. 151C).

Die Laktozyten weisen eine gute Ausstattung mit Organellen auf, jedoch keine ausgeprägte Zellpolarität. Das Zytoplasma ist u. a. reich an Mitochondrien, Golgi-Vesikel und rER aus. Die Mitochondrien sind auch am apikalen Zellpol zu finden (Abb. 151C) und gehören dem Crista-Typ an (Abb. 152).

In der Mehrzahl der Zellen kommt im apikalen Abschnitt eine glatte Zellmembran vor (Abb. 151C, 153A), der nur sehr wenige Mikrovilli aufsitzen (Abb. 153B). Teilweise senkt sich die luminal Zellmembran beachtlich tief zwischen zwei angrenzende Zellen ein. An der lateralen Zellmembran tritt ein Haftstruktur-Komplex auf (Abb. 153A, 153B, 156B), der häufig in Interdigitationen übergeht.

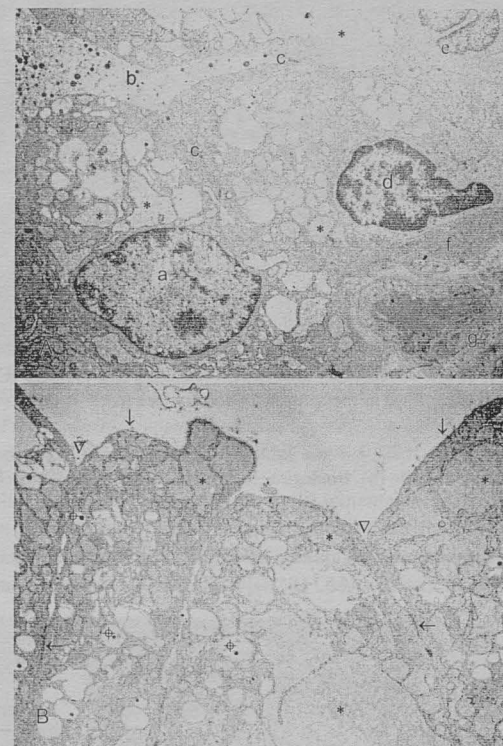


Abb. 153A: Laktozyt (a), Lumen (b), Haftstruktur-Komplex (c), rER-Vesikel (*), Lymphozyt (d), Makrophage (e), Myoepithelzelle (f), interalveoläres Bindegewebe (g), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Abb. 153B: Apikaler Zellbereich, Einsenkung (▽), Mikrovilli (↓), Haftstruktur-Komplex (←), rER-Vesikel (*), sekretorischer Vesikel mit Kaseinmizelle (⊕), elektronenmikroskopische Aufnahme, ca. 5 000x.

Die meist hochprismatischen Laktozyten besitzen starke kuppelförmige Vorwölbungen am apikalen Zellpol, in denen sich zahlreiche kleine Vakuolen und Vesikel befinden (Abb. 153A, 153B, 154A). Jedoch können innerhalb eines Lobulus an eine derartige Alveole auch solche angrenzen, die mit isoprismatischen oder flachen Drüsenepithelzellen ausgekleidet sind.

Es treten beträchtlich erweiterte Zisternen des rER in Erscheinung. Diese rER-Vesikel weisen sehr unterschiedliche Ausmaße und Formen auf und sind mit einer homogenen Flüssigkeit mittlerer Elektronendichte gefüllt (Abb. 153A, 153B, 154B). Sie übertreffen die Größe des Zellkerns, wenn lediglich ein großer Vesikel in einer kuppelförmigen Zelle liegt (Abb. 154A, 164). Meist kommen die Vesikel in beachtlicher Anzahl sowohl im hochprismatischen als auch im flachen Epithel gedehnter Alveolen vor und werden lediglich durch schmale Zytoplasmastege getrennt (Abb. 154B). Die rER-Vesikel befinden sich nicht nur apikal, sondern in der gesamten Zelle, also auch supranukleär. Laktozyten angrenzender Alveolen können frei von Vesikeln sein (Abb.

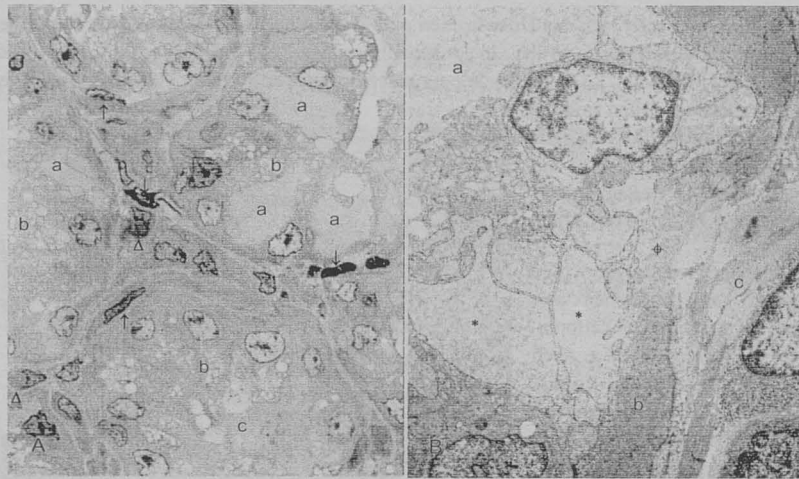


Abb. 154A: Alveole mit großen rER-Vesikeln (a), kleinere rER-Vesikel (b), Alveole ohne rER-Vesikel (c), Myoepithelzelle (↑), Blutkapillare (Δ), Mastzelle (↓), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 154B: Laktozyt mit zahlreichen rER-pools (*) und basaler Einfaltung (Φ), Lumen (a), Myoepithelzelle (b), Bindegewebe (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, ca. 6 500x.

154A).

Die mehr oder weniger runden bis ovalen sekretorischen Vesikel sind optisch leer und enthalten eine Kaseinmizelle (Abb. 153B). Weiterhin ist zu konstatieren, daß entweder ein großer oder

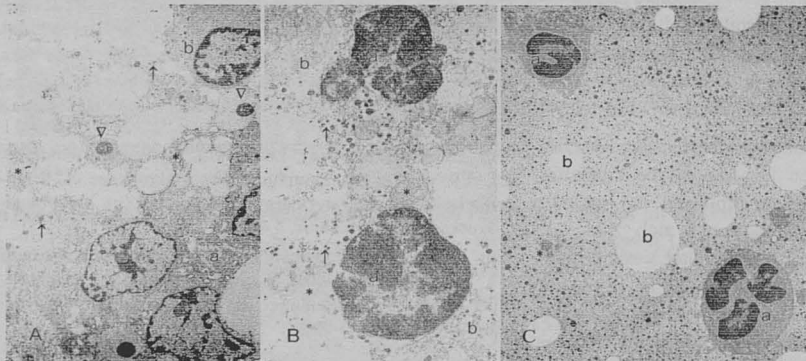


Abb. 155A: Alveolarepithel (a), Sekret mit abgelöstem Laktozyt (b), Zytoplasmfragmenten (*) und elektronendichten Proteinen (↑), apoptotische Körperchen (V), elektronenmikroskopische Aufnahme, 3 000x.

Abb. 155B: Abgeschilterter Laktozyt, kondensierter Kern (a) und Zytoplasma in Auflösung (b), Mitochondrium (*), elektronendichte Proteine (↑), elektronenmikroskopische Aufnahme, ca. 6 500x.

Abb. 155C: Sekret mit neutrophilem Granulozyt (a), Proteingranula und Zytoplasmfragmenten (*), Lipidvakuole (b), elektronenmikroskopische Aufnahme, ca. 3 500x.

mehrere kleine Lipidtropfen pro Zelle auftreten.

Die Laktozyten besitzen ein basales Labyrinth der basalen Zellmembran, was jedoch wenig deutlich hervortritt und nicht im Bereich zu einer Myoepithelzellen ausgebildet ist (Abb. 154B).

In dem basophilen Sekretplasma sind neben zahlreichen elektronendichten

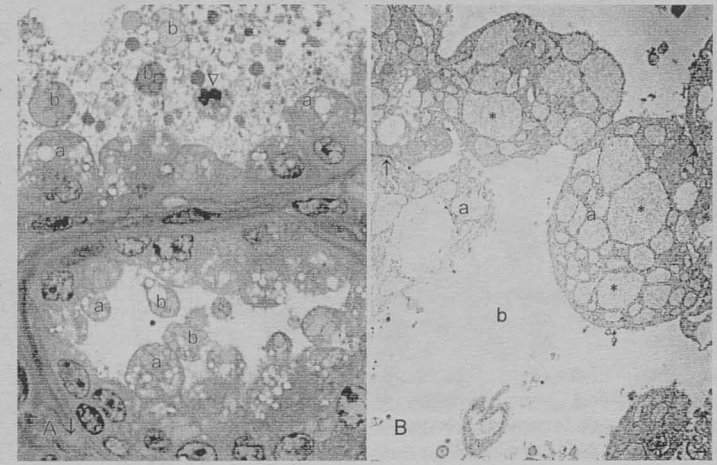


Abb. 156A: Apikale Protrusion (a), Zytoplasmfragmente (b), neutrophiler Granulozyt im Milchsekret (V), Blutkapillare (↓), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 156B: Apikale Protrusion, in Ablösung begriffen (a), rER-Vesikel (*), Lumen (b), Haftkomplex (↑), elektronenmikroskopische Aufnahme, ca. 3 500x.

Proteinen (Abb. 151C, 153A) verschiedene Zellen und einzelne Zellfragmente enthalten (Abb. 155A, 155B, 155C). Das Zytoplasma abgeschilterter Alveolarepithelzellen ist in Lysis begriffen, die Zellkerne weisen kondensiertes Chromatin auf (Abb. 155B). Neben Lymphozyten und Makrophagen kommen auch neutrophile Granulozyten als Milchzellen vor (Abb. 155C, 156A).

Meist in kleineren Alveolen lösen sich von den hochprismatischen Zellen lumen-seitig zahlreiche kuppel- oder keulenförmige Protrusionen von der apikalen Zellmembran ab und gelangen ins Lumen (Abb. 156A, 156B). Im Sekret befinden sich große abgerundete

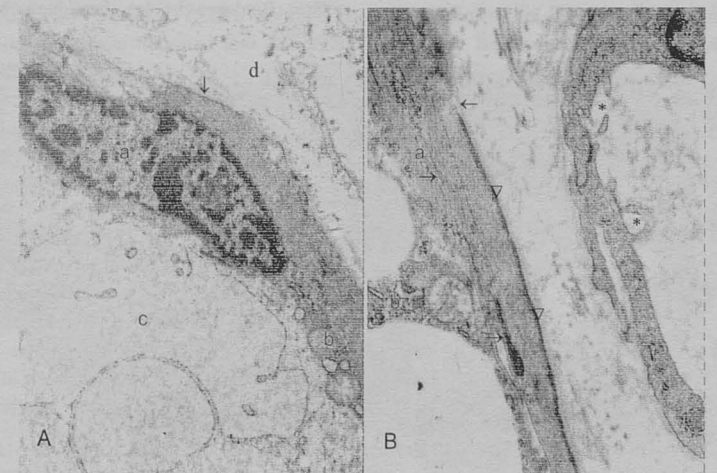


Abb. 157A: Myoepithelzelle, Zellkern (a), einige Organellen (b), angrenzender Laktozyt (c), Hemidesmosom (↓), Bindegewebe (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

Abb. 157B: Fortsatz einer Myoepithelzelle (a), Verdichtung (→), Hemidesmosom (V), Laktozyt (b), Lamina basalis (←), Blutkapillare mit Endothelausstülpung (*), elektronenmikroskopische Aufnahme, 20 000x.

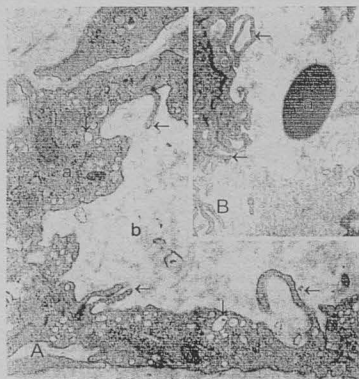


Abb. 158A: Blutkapillare, fingerförmige Pseudopodien (←), Pinozytosevesikel (↓), Endothelzelle (a), Lumen (b), elektronenmikroskopische Aufnahme, 12 000x.

Abb. 158B: Endothelausstülpung (←), Erythrozyt (a), Endothelzelle (b), elektronenmikroskopische Aufnahme, ca. 8 000x.

somen und zu intraepithelialen Fremdzellen Desmosomen. Intrazellulär kommen Mikropinozytosebläschen in relativ geringer Anzahl vor (Abb. 157A, 157B).

Die intraepithelialen Leukozyten liegen grundsätzlich im basalen Abschnitt des alveolären Epithelverbandes. Mit den

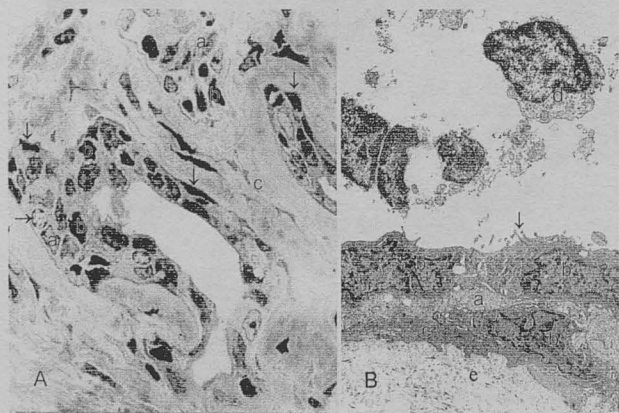


Abb. 160A: Alveolarepithel, helle (a) und dunkle (b) Zellen, interalveoläres Bindegewebe (c), intraepithelialer Lymphozyt (→), Myoepithelzelle (↓), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 160B: Heller Laktozyt (a) und dunkler (b) Laktozyt, Myoepithelzelle (c), im Lumen Zellkern mit Zytoplasmafragment (d), interalveoläres Bindegewebe (e), Mikrovilli (↓), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

darstellen und hauptsächlich rER-Vesikel, sekretorische Vesikel sowie einzelne Zellorganellen, wie z. B. Mitochondrien, einschließen (Abb. 156A, 156B). Daneben treten auch apoptotische Körperchen auf (Abb. 155A).

Die Myoepithelzellen bilden langgestreckte Ausläufer aus dichtem Zytoplasma, das lediglich in unmittelbarer Kernnähe einige Mitochondrien und rER besitzt. Es enthält ferner in großer Anzahl Filamente, deren Verdichtungen, an denen Myofilamente fixiert sind, wenig deutlich hervortreten (Abb. 162C). Der Zellkern zeigt leichte Einziehungen (Abb. 161). Zur Lamina basalis bildet die Zelle lange Hemidesmo-

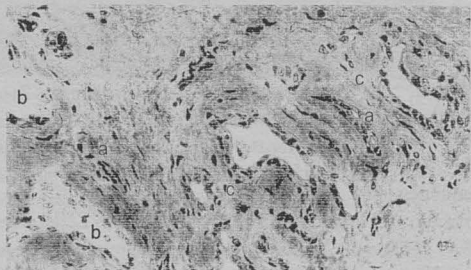


Abb. 159: Milchdrüsengewebe in der Involution, kollabierte Alveolen (a), intralobulärer Milchgang (b), interalveoläres Bindegewebe (c), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 400x.

Drüsenzellen stehen sie über Desmosomen in Kontakt. In ihrer Häufigkeit sind nach den Lymphozyten (Abb. 153A) Makrophagen (Abb. 153A) sowie neutrophile Granulozyten zu nennen. Oft sind die Lymphozyten mit Pseudopodien ausgestattet, die sich in Richtung des Alveolarlumens orientieren.

Das interalveoläre Bindegewebe beinhaltet u. a. einzeln in Gefäßnähe liegende Mastzellen (Abb. 154A). Die luminale Zelloberfläche der

Endothelzellen der Blutkapillaren formt in hoher Zahl schlanke Pseudopodien als fingerförmige Oberflächendifferenzierungen, die in das Gefäßlumen hineinragen (Abb. 157B, 158A, 158B).

Im nicht-laktierenden Milchdrüsengewebe kommen lediglich kollabierte enge Alveolen und wenige intralobuläre Milchgänge vor. Demzufolge erhöht sich der Anteil an interalveolärem Bindegewebe in den Läppchen deutlich. An den Alveolen passiert ein starker Ab- und Umbau. Das Interstitium ist nicht ausgesprochen zellreich (Abb. 159, 160A).

Die Zellen des Alveolarepithels zeigen mannigfaltige Erscheinungsbilder und flachen meist merklich ab. Während die Myoepithelzellen unverändert bleiben, kann man unter den Laktozyten helle und dunkle Zellen registrieren (Abb. 160A, 162A). In manchen Alveolarlumen sind kondensierte Zellkerne mit anhaftenden Zytoplasmafragmenten vorhanden (Abb. 160B).

Die hellen Alveolarepithelzellen charakterisieren ein helles Zytoplasma (Abb. 160B) und ein relativ großer Zellkern. Dabei befinden sich in manchen Zellen Zellorganellen, wie rER, Mitochondrien, Vesikel und GA (Abb. 162B), während bei anderen Zellen die Prozesse der Involution bereits weiter fortgeschritten sind und Zellorganellen fehlen. Teilweise wird in dem unre-



Abb. 161: Heller Laktozyt, Zellkern mit Nukleolus (a), helles Zytoplasma (b), Lumen (c), dunkle Zelle (d), interalveoläres Bindegewebe (e), Mikrovilli (↓), Myoepithelzelle (f), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Einsatz: Intermediäre Filamente (a), Mitochondrium (b), Interzellularräume (*), ca. 10 000x.

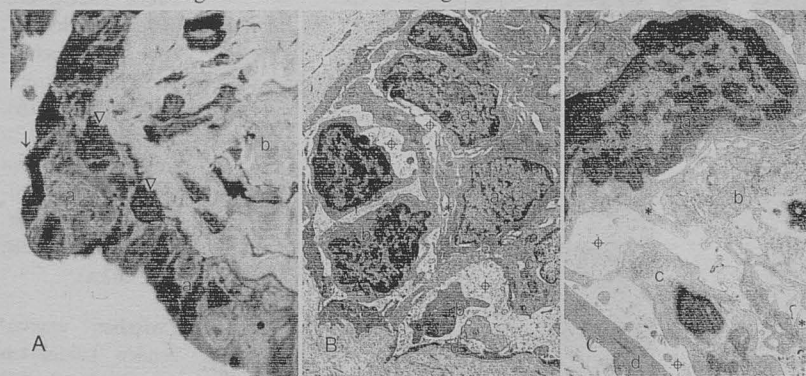


Abb. 162A: Alveolarepithel aus hellen und dunklen Zellen (a), Mikrovilli (↓), Myoepithelzelle (V), Bindegewebe (b), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 162B: Dunkler Laktozyt, Zellkern (a), geschrumpfte Zelle (b), lange Zellfortsätze (*), weite Interzellularräume (Φ), heller Laktozyt (c), Myoepithelzelle (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

Abb. 162C: Dunkler Laktozyt, Heterochromatin (a), Zellfortsatz (*), weiter Interzellularraum (Φ), heller Laktozyt mit Fortsätzen (b), geschrumpfte Zelle (c), Myoepithelzelle (d), elektronenmikroskopische Aufnahme, 12 000x.



Abb. 163: Interlobuläres Bindegewebe, Arterie (a), Vene mit verdickter T. media (b), peripherer Nerv (↑), Lymphgefäß mit Klappen (c), laktierendes Gewebe (d), Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Zytoplasma einiger Zellen werden intermediäre Filamente erkennbar (Abb. 161).

In den dunklen Zellen erscheint nicht nur das Zytoplasma kondensiert, sondern auch das Chromatin des Kerns verdichtet sich (Abb. 160B).

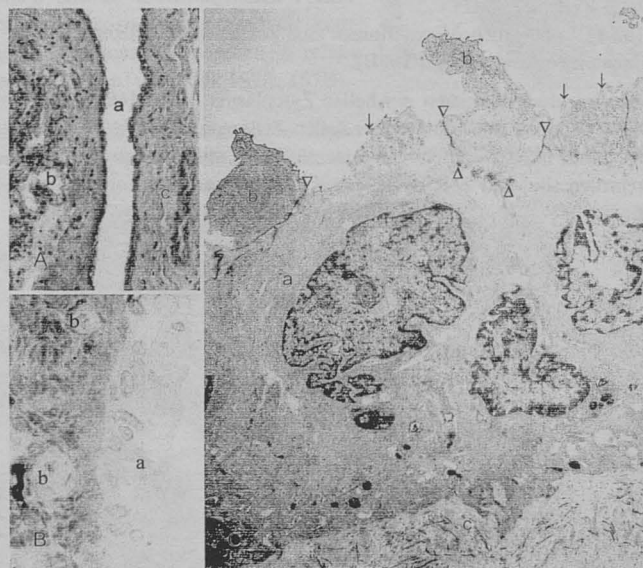


Abb. 165A: Ductus lactifer (a), Alveole (b), kollagene Fasern (c), Trichrom, 200x.

Abb. 165B: Epithel des Ductus lactifer (a), Bindegewebe mit Blutkapillare (b), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Abb. 165C: Ductus lactifer, Epithelzelle (a), apikale Protrusionen (b) und Mikrovilli (↓), Haftkomplex (V), Desmosom (Δ), Bindegewebe (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, 4 400x.

regelmäßig eingedellten Zellkern ein Kernkörperchen sichtbar. An der apikalen Zellmembran zeigen sich zahlreiche Mikrovilli. Im

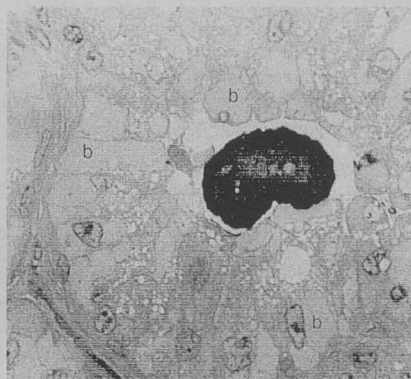


Abb. 164: Geschichtetes Corpus amylaceum (a) in einer sezernierenden Alveole, rER-Zisterne (b), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

Die Oberfläche des Zellkerns wird eingekerbt, teilweise sogar tief zerklüftet (Abb. 161). Insgesamt schrumpfen die Zellen (Abb. 162B, 162C), enthalten jedoch u. U. noch Mitochondrien und Fetttröpfchen (Abb. 162B). Einige Mikrovilli sind ebenfalls an der apikalen Zellmembran vorhanden (Abb. 160B, 161, 162A).

Zwischen angrenzenden Laktozyten des Alveolarepithels bestehen auffällige Interdigitationen, indem sich schmale Zellfortsätze in den Interzellularspalt schie-

ben, die z. T. umschlagen und Zisternen bilden (Abb. 161, 162B). Besonders in basalen Epithelabschnitten verbreitern sich diese, und es entstehen sehr weite Interzellularräume, ausgefüllt mit zellfreiem Sekret (Abb. 162B, 162C). Diese Vorgänge stehen mit den degenerativen Prozessen in Zusammenhang, die im basalen Bereich des Epithels stattfinden.

Im interlobulären Bindegewebe findet man neben Arterien auch muskelstarke Venen, periphere Nerven sowie Lymphgefäße, die regelmäßig mit Klappen ausgerüstet sind (Abb. 163).

Corpora amylacea sind lediglich bei etwa der Hälfte der Tiere zu beobachten. In der laktierenden Milchdrüse kommen große einzelne Milchsteinchen vor, die im Lumen der Alveole liegen. Das Epithel dieser Alveole ist zumeist hochprismatisch (Abb. 164). Im trockenstehenden Milchdrüsengewebe sind die Corpora amylacea sowohl intra- als auch extraalveolär im interstitiellen Bindegewebe zu finden, wobei die letztgenannte Lokalisation eindeutig vorherrscht. Die Steinchen besitzen vornehmlich eine konzentrische Schichtung (Abb. 164).

Die Ductuli lactiferi tragen ein zwei- bis dreischichtiges Epithel (Abb. 165A, 165B). Auffällig sind an der luminalen Zelloberfläche einige stummelförmigen Mikrovilli, die sich ins Lumen vorwölben. Apikal werden lange Haftstruktur-Komplexe sichtbar. Die Zellkerne sind relativ groß und weisen häufig starke Einkerbungen auf. Dagegen fällt der Besatz mit Zellorganellen nur gering aus (Abb. 165C).

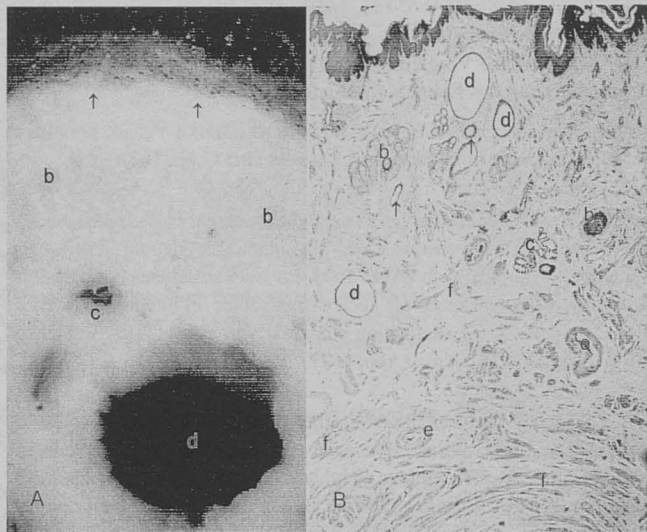


Abb. 166A: Epidermis (↑), Haare (a), bräunliche apokrine Schlauchdrüsen (b), Vene (c), Sinus lactifer (d), Querschnitt (die Luftblasen sind artifiziell), Nativpräparat, Auflichtfoto, ca. 12x.

Abb. 166B: Epidermis (a), Haarfollikel (b), apokrine Schlauchdrüse, Azini (c), Sinus (d) und Ausführungsgang (↑), Blutgefäße (e) und glatte Muskelzellen (f) in der Mittelschicht, Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 25x.

(Abb. 167B). Das Str. basale setzt sich aus azidophilen Zellen zusammen, das Str. spinosum umfaßt ca. 5-10 Schichten. Intensiv färbbare Keratohyalinkörnchen kennzeichnen das zwei- bis dreilagige und damit deutlich hervortretende Str. granulosum (Abb. 167A, 167B).

Die basalen Zellen sind mit Hemidesmosomen an der deutlich sichtbaren Basalmembran befestigt und schieben Wurzelfüßchen gegen das subepitheliale Bindegewebe vor (Abb. 168A). Die Zellen des Str. spinosum verbinden sich mit Fortsätzen über den relativ weiten Interzellularspalten (Abb. 167B), wobei die zipfelig ausgezogenen Fortsätze gut ausgebildete Desmosomen tragen. Auffällig sind die besonders zahlreichen

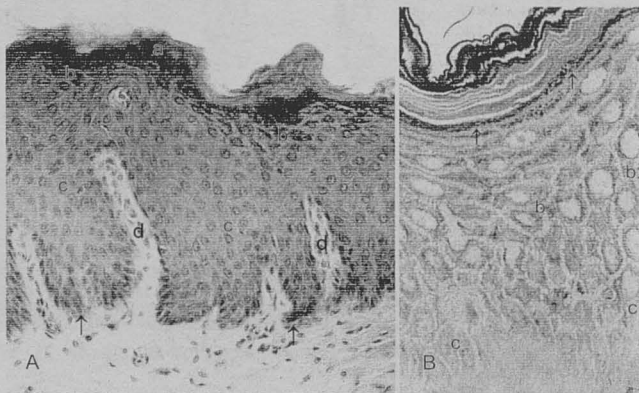


Abb. 167A: Epidermis, Str. corneum (a), Str. granulosum (b), Str. spinosum (c), Str. basale (↑), schlanke Papille (d), Hämatoxylin-Eosin, 400x.

Abb. 167B: Epidermis, Str. corneum (a), Str. granulosum mit Keratohyalin granula (↑), Str. spinosum (b), Str. basale (c), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1000x.

3.2.4.3. Zitze

Auch bei dieser Tierart ist die Wand der Zitze in die äußere Haut, in eine bindegewebig-muskuläre Mittelschicht und in die Zisterne bzw. den Zitzenkanals untergliedert (Abb. 166A, 166B).

3.2.4.3.1. Äußere Haut

Die Epidermis wird von einem mehrschichtigen deutlich verhornten Plattenepithel verkörpert (Abb. 167A), das aus relativ kleinen Keratinozyten mit ovalen Zellkernen besteht

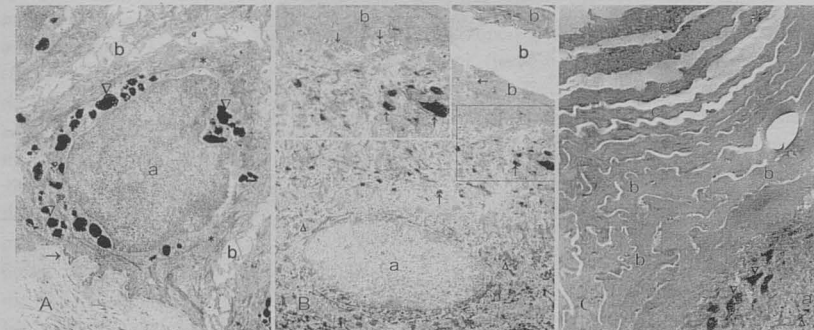


Abb. 168A: Str. basale, Zellkern (a), Melaningranulum (V), Intermediärfilamente (*), Interzellularraum (b), Lamina basalis (→), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7000x.

Abb. 168B: Str. granulosum, Nukleus (a), Tonofilamentbündel (Δ), Keratohyalinkörnchen (↑), Hornschuppe (b), Kontaktbereich angrenzender Schuppen (←), Vesikel (↓), elektronenmikroskopische Aufnahme, ca. 8000x.

Einsatz: Detailvergrößerung aus Abb. 168B, Übergangszone, Vesikel (↓), ca. 10 000x.

Abb. 168C: Str. granulosum (a), Keratohyalin granulum (V), Intermediärfilamente (Δ), innig verzahnte Hornschuppen (b), locker aufliegende Lamellen (c), elektronenmikroskopische Aufnahme, ca. 8000x.

Bündel von Tonofilamenten, die durch das Zytoplasma ziehen. Das Str. granulosum enthält elektronendichte Keratohyalin granula wechselnder Größe und Form, die keinen Membranüberzug aufweisen, sowie reichlich intermediäre Filamente, jedoch kaum noch Mitochondrien. Die Zellen flachen sich zunehmend oberflächenparallel ab (Abb. 168B, 168C). Das Str. corneum stellt eine Auflagerung aus toten kernlosen Zellen in Form flacher Schuppen dar (Abb. 167B). Unmittelbar am Epithel, im Str. conjunctum, verzahnen sich die Schuppen eng miteinander. All-

mählich lösen sich die Lamellen voneinander. Ausgefüllt sind sie mit elektronendichtem Material aus dichtgepackten Filamenten, das von einer kräftigen Membran umgeben wird (Abb. 168C).

Gelegentlich werden Papillome ausgebildet (Abb.

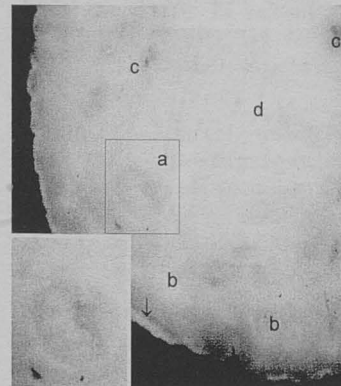


Abb. 170: Sinus einer Gl. sudorifera apocrinae mit gelbem Sekret (a), Talgdrüse (b), Gefäß (c), Ductus papillaris (d), Epidermis (↓), Querschnitt, Nativpräparat, Auflichtfoto, ca. 10x.

Einsatz: Detailvergrößerung aus Abb. 170, Sinus gll. sudoriferae, ca. 20x.

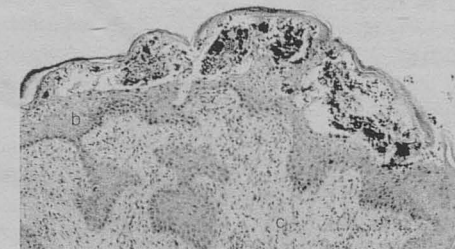


Abb. 169: Papillom (a), Epidermis (b) und Dermis mit zellulärem Infiltrat (c), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

169), die als gutartige Geschwülste der Haut mit einem gefäßführenden Bindegewebsstock ausgestattet sind und dem Str. spinosum aufsitzen.

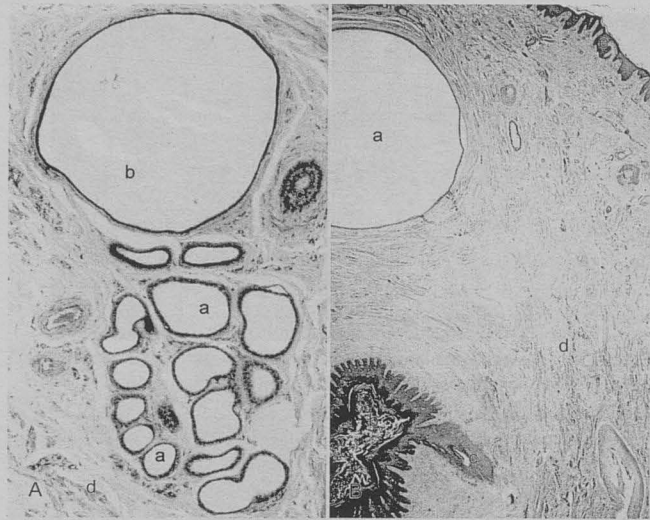


Abb. 171A: Apokrine Schlauchdrüse, aus Azini (a) und Sinus (b), Haarfollikel (c), glatte Muskelzellen (d), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Abb. 171B: Sinus gll. sudoriferae (a), Ductus papillaris (b) mit einmündendem Gang (c), Mittelschicht (d), Epidermis (e), Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 25x.

oberflächlich in verschiedene Richtungen verlaufende einzelne kleine Bündel findet, die nach zentral an Menge und Größe zunehmen (Abb. 171B).

Mit Ausnahme der unmittelbaren Umgebung des Ostium papillare ist die Zitzenhaut mit feinen

Haaren ausgestattet. Im Querschnitt sind häufig unregelmäßig geformte Haarfollikel zu beobachten (Abb. 166B, 171B).

Man findet relativ wenige kleinumige Endstücke apokriner Schlauchdrüsen (Abb. 166B,

171A, 172B). Einige Azini bestehen aus isoprismatischen Zellen, die apikal kupelförmige Pro-



Abb. 172A: Sinus (a) und Ausführungsgang (b) einer Gl. sudoriferae, Hämatoxylin-Eosin, 200x.

Einsatz: Detailvergrößerung aus Abb. 172A, Epithel des Sinus, ca. 350x.

Abb. 172B: Drüsenendstück (a), Sinus (b), Ausführungsgang (→), Haarfollikel (c), M. arrector pili (d), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Die hohen Papillen des Corpus papillare (Abb. 166B, 171B) verzweigen sich teilweise und sind bis in ihre Spitzen hinein kapillarisiert (Abb. 167A). Im Bereich des Str. profundum dermis treten kollagene Fasern in groben Bündeln auf (Abb. 173).

Neben dem kräftigen M. arrector pili (Abb. 172B, 173), der im unteren Drittel am Haarfollikel ansetzt, kommen außerdem zahlreiche glatte Muskelzellen vor (Abb. 166B, 171A), wobei man zunächst

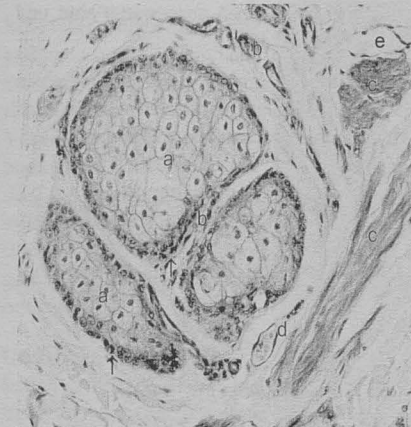


Abb. 173: Talgdrüsenläppchen (a), periphere Matrixzellen, teilweise pigmentiert (↑), Blutkapillaren (b), M. arrector pili (c), Nerv (d), initiale Lymphkapillare (e), Hämatoxylin-Eosin, 200x.

trusionen aufwiesen. Manche Endstücke mit sehr flachem Epithel enthalten noch Sekretpfützen, die teilweise der apikalen Membran der Zellen anhaften. Im Flachschnitt der Drüsenepithelzellen treten deren Zellgrenzen hervor, so daß die hexagonale Zellform erkennbar ist. Basal liegen den Zellen azidophile Myoepithelzellen an. In Richtung Zitzenspitze verschwindet diese monotypische Hautdrüsenart allmählich (Abb. 171B).

Regelmäßig wird die Reihe der Drüsenendstücke durch eine großlumig dilatierte Struktur, einen Sinus, beendet (Abb. 166B, 170, 171A, 172B), dessen Lumenweite die des Ductus papillaris übertreffen kann (Abb. 171B). In einigen Fällen beherbergt die Sinuslichtung nach der Fixierung noch das erstarrte Sekret (Abb. 170).

Den Sinus kleiden stark abgeplattete Zellen in ein- bis zweischichtiger Lage aus, die spindelförmige Zellkerne besitzen (Abb. 172A). Die innere Zelllage enthält wenige kleine intrazytoplasmatische Granula und zeichnet sich dadurch aus, daß häufig noch Sekretreste der apikalen Zellmembran der Epithelzellen anliegen. Myoepithelzellen fehlen dem Epithel (Abb. 172A).

Der Sinus setzt sich in einem engeren Ausführungsgang fort, der ein mehrschichtiges Epithel trägt (Abb. 172A, 172B). Er verläuft in unmittelbarer Nähe des Haarfollikels und der Talgdrüse (Abb. 166B, 172B) und mündet zumeist mit einer Pore auf der Hautoberfläche.

Die hier auftretenden polytypischen Talgdrüsen besitzen den für diese Drüsenart typischen Bau. Sie sind mehrläppig (zwei- bis vierläppig) und bestehen aus hellen typisch wabig aussehenden polygonalen Talgzellen. Den peripheren Abschluß bilden kubische Basalzellen (Abb. 173).

Insgesamt bleiben die Gl. sebaceae relativ klein. Zwischen den peripher lokalisierten abgeflachten Matrixzellen kommen häufig Melaningranula vor. Außerdem ziehen zahlreiche Blutkapillaren bis unmittelbar an die Drüse heran (Abb. 173).

3.2.4.3.2. Mittelschicht

Ein auffälliges Merkmal der Mittelschicht ist das gehäufte Vorkommen großer und mittlerer Blutge-

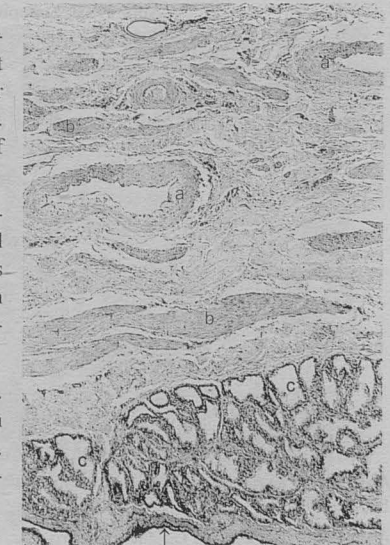


Abb. 174: Mittelschicht, Venen mit verdickter T. media (a), Bündel glatter Muskelzellen (b), akzessorische Milchdrüsenalveolen (c), Zisternenepithel (↑), Hämatoxylin-Eosin, 50x.

fäße, besonders von Venen (Abb. 166B), die mit polymorphen Klappen ausgestattet sind und durch eine verdickte T. media charakterisiert werden (Abb. 171B, 174).

Die reichlich ausgebildeten glatten Muskelfaserzüge in Form von groben Bündeln verdichten sich zunehmend in der Mittelschicht (Abb. 174). Hier treten neben Nervenanschnitten auch Lymphgefäße auf, die in ihrer Häufigkeit starken individuellen Schwankungen unterliegen.

3.2.4.3.3. Sinus lactifer bzw. Ductus papillaris

Die innere Oberfläche des Zitzenteils des **Sinus lactifer** ist in sägeblattförmige flache Falten gelegt (Abb. 166A, 180A). In den größeren Falten findet man kleine Bündel von glatten Muskelzellen und kollagenen Fasern. An der Ausmündung der akzessorischen Milchdrüsenalveolen buchtet sich das Epithel jeweils deutlich ein.

Die Pars papillaris des

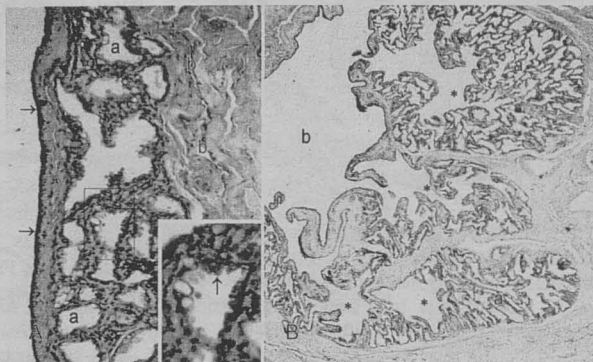


Abb. 175A: Epithel der Zisterne (→), akzessorische Milchdrüsenalveolen (a), Lymphkapillaren (b), Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Einsatz: Detailvergrößerung aus Abb. 175A, Kuppelzelle (↑), Hämatoxylin-Eosin, ca. 200x.

Abb. 175B: Subepitheliale akzessorische Milchdrüsenläppchen (a), Mündung (*) in den Sinus lactifer (b), Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 25x.

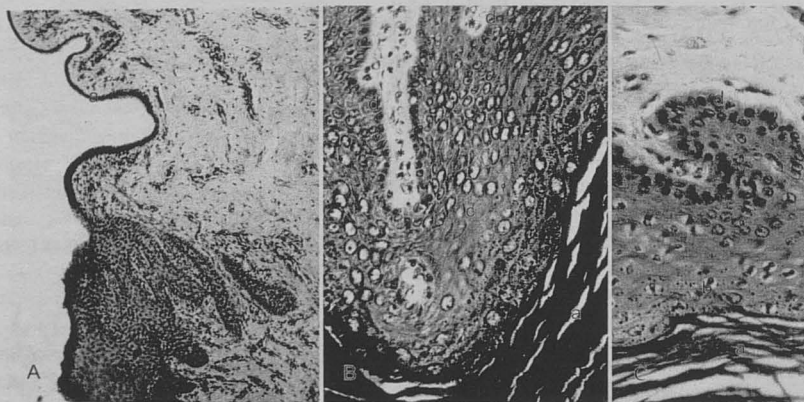


Abb. 176A: Epithel des Sinus lactifer (a), Ductus papillaris (b), Längsschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 100x.

Abb. 176B: Epithel des Ductus papillaris, Str. corneum (a), breites Str. granulosum (b), Str. spinosum (c), Str. basale (d), Koriumpapille mit Kapillaren (*), Trichrom, 400x.

Abb. 176C: Epithel des Ductus papillaris (Beschriftung analog Abb. 176B), Hämatoxylin-Eosin, 400x.

Sinus lactifer kleidet ein zweischichtiges Epithel aus (Abb. 175A). Dabei besteht die oberfläch-

liche Zellschicht aus isoprismatischen Zellen mit einer glatten apikalen Oberfläche sowie intrazellulären Vakuolen, wodurch sie morphologisch Ähnlichkeit mit den Alveolarepithelzellen erhält. Bei der tiefen Zellschicht handelt es sich dagegen um abgeplattete Zellen mit basal liegenden Kernen.

Unter dem Zisternenepithel befinden sich zahlreiche initiale Lymphkapillaren und Präkollektoren mit Klappen, eingebettet in feine kollagene Fasern (Abb. 175A).

Bei mehr als der Hälfte der Tiere sind subepithelial

kompakte akzessorische Milchdrüsenalveolen zu beobachten (Abb. 174, 175A, 175B, 180A). Diese sind gut entfaltet und münden meist direkt in die Zisterne (Abb. 175B). Bei einem Tier (Ziege 4) tritt ein zellreiches Sekret in der Zisterne auf.

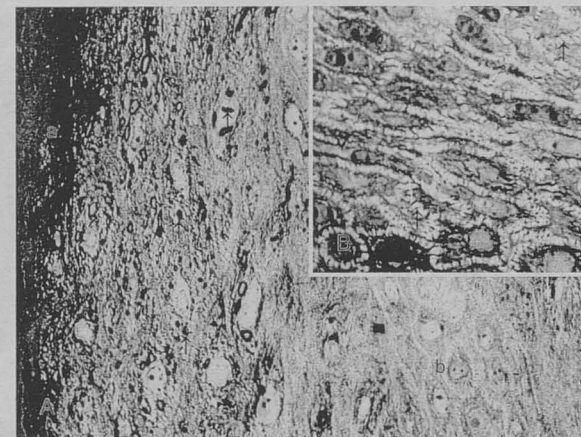


Abb. 177A: Epithel des Ductus papillaris, Str. corneum (a), Str. granulosum mit Keratohyalin granula (↑), Str. spinosum (b), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 640x.

Abb. 177B: Str. spinosum, deutliche Interzellularbrücken (↑), Semidünnschnitt, Toluidinblau, 1 000x.

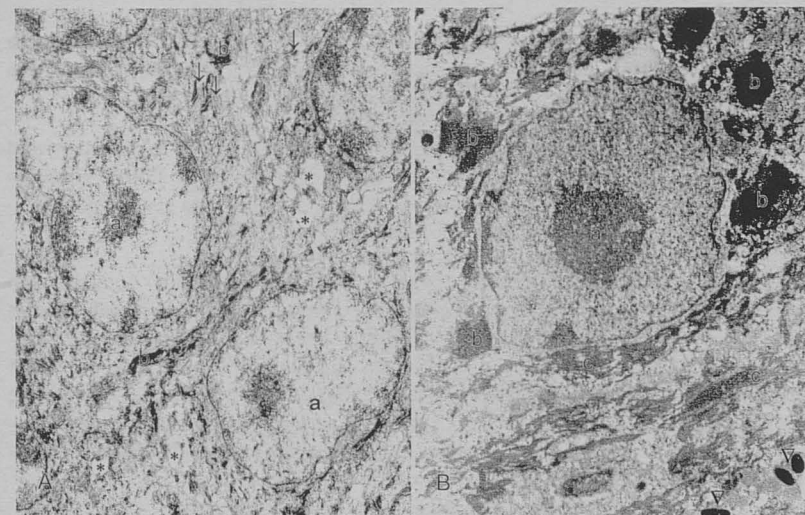


Abb. 178A: Str. spinosum, Nukleolus (a), Desmosom (↓), Interzellularraum (*), Intermediärfilamente (b), elektronenmikroskopische Aufnahme, ca. 6 000x.

Abb. 178B: Str. granulosum, Nukleolus (a), Keratohyalin granulum (b), Intermediärfilamente (c), Melanosom (▽), elektronenmikroskopische Aufnahme, 7 000x.

Der **Ductus papillaris** trägt ein mehrschichtiges stark verhornendes unpigmentiertes Plattenepithel, das im Nativpräparat weiß aussieht (Abb. 170) und abrupt aus dem Epithel des Sinus lactifer hervorgeht (Abb. 176A). Auf die ovalen Zellen des Str. spinosum, das sich aus ca. 8 Zellagen zusammensetzt (Abb. 176B, 177B, 178A), folgt das Str. granulosum (Abb. 178B). Dieses besteht aus rund 4-6 Zellagen, die parallel zur Oberfläche ausgerichtet sind. Es kommen unterschiedlich große Kera-tohyalinkörnchen vor (Abb. 176B, 176C, 177A, 178B). Die Zellkerne erscheinen etwas geschrumpft, zeigen jedoch kaum weitere degenerative Anzeichen (Abb. 176C, 177A).

Zahlreiche Lamellen des Str. corneum zeugen von der bemerkenswert starken Verhornung des Epithels (Abb. 176B, 176C, 179B). Infolgedessen wird bei einigen Tieren das Lumen des Ductus papillaris fast verschlossen (Abb. 180C). Am Ostium papillare verdicken sich das Str. corneum sowie das gesamte Epithel (Abb. 179A).

Unter dem Epithel liegt ein mehr oder weniger deutlicher Papillarkörper, der kapillarisiert wird und dessen Papillen in sehr spitzem Winkel zu dem Epithel verlaufen (Abb. 179A). Weiterhin treten subepithelial neben einem deutlichen Kapillarnetz auch die zahlreichen glatten Muskelzellen des M. sphincter papillae in Erscheinung (Abb. 179A, 179B).

Bei drei Tieren wird der Zitzenkanal - beginnend im proximalen Zitzenabschnitt - zusätzlich von zwei schmalen Nebenkanälen mit glattem leicht ovalen Lumen begleitet. Diese Kanäle nehmen ihren Ursprung von akzessorischen Milchdrüsenläppchen (Abb. 180A). Die Alveolen der Läppchen sind oftmals mit Hornschuppen gefüllt und münden zunächst in einen Gang, der mit einem ein- bis zweischichtigen Epithel ausgekleidet ist (Abb. 180B). Das Epithel setzt sich im weiteren Verlauf als mehrschichtiges Plattenepithel fort (Abb. 180B) und verhornt allmählich stark (Abb. 180C). Ungefähr in der Mitte des Ductus papillaris münden die beiden Ausführungsgänge (Abb. 180C) in den Ductus papillaris (Abb. 171B).



Abb. 179A: Ductus papillaris (a), schlanke Papille (*), subepithelialer M. sphincter papillae (b), Ostium papillare (c), Längsschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

Abb. 179B: Epithel des Ductus papillaris (a), subepitheliale Blut- und Lymphkapillaren (b), M. sphincter papillae (c), Querschnitt, Trichrom, 100x.

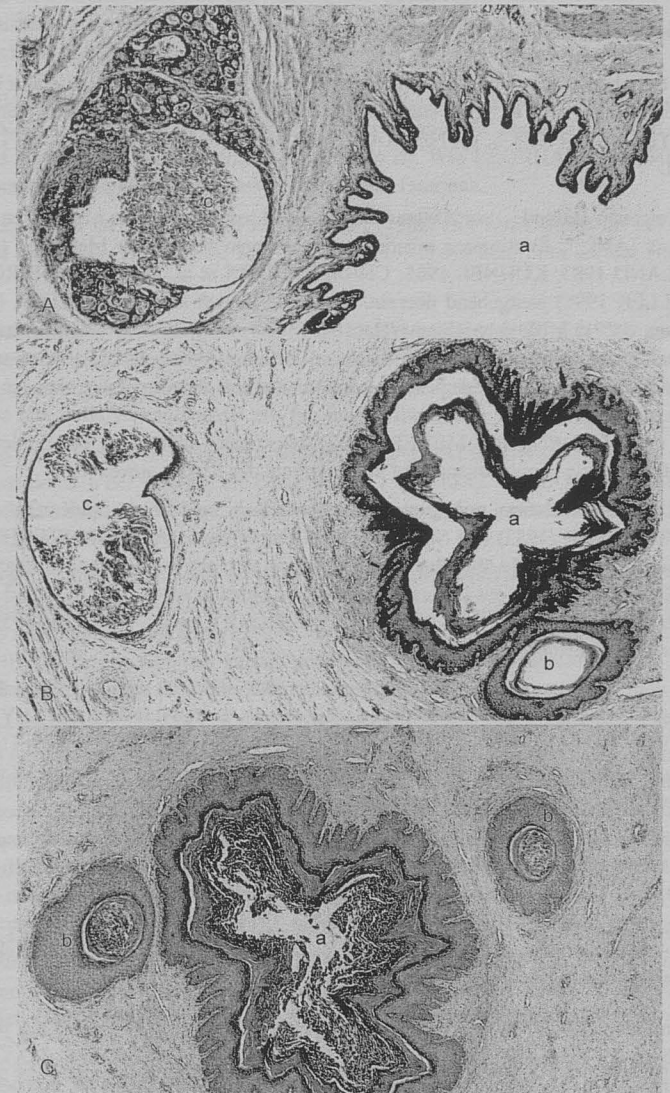


Abb. 180A: Schnitt an der Zitzenbasis, Sinus lactifer (a), akzessorisches Milchdrüsenläppchen mit kleinen Alveolen (b) und einem großen Milchgang mit Hornschuppen (c), Querschnitt, Toluidinblau, 50x.

Abb. 180B: Schnitt auf Höhe des oberen Drittels des Ductus papillaris (a), Nebenanal, ausgekleidet von mehrschichtigem Plattenepithel (b), Nebenanal mit Hornschuppen, zweischichtiges Epithel (c), Querschnitt, Toluidinblau, 50x.

Abb. 180C: Schnitt in Höhe der Mitte des Ductus papillaris (a), Ductus excretorius (b), Querschnitt, Hämatoxylin-Eosin, 50x.

4. DISKUSSION

Euterhaut des Rindes

Die Euterhaut entspricht in ihrer Grundstruktur (Abb. 6) dem aus der Literatur bekannten Bau der äußeren Haut, wie er u. a. auch in den zusammenfassenden Arbeiten von CREED (1958), MEYER et al. (1978 b, c), NEURAND und MEYER (1987) sowie SCOTT (1988) angeführt wird.

Die eigenen Befunde zum Aufbau und zu den morphologischen Merkmalen der bovinen Epidermis (Abb. 7, 8) stimmen mit denen der äußeren Haut beim Menschen (u. a. HAM 1974; ODLAND 1983; KÜHNEL 1985; CHRISTOPHERS et al. 1989; MONTEIRO-RIVIERE 1991; MÜLLER 1995) weitgehend überein. Man muß jedoch laut STEIGLEDER (1992) in Betracht ziehen, daß sich die menschliche Haut jeder Körperregion zum einen in ihrer Struktur unterscheidet, was schon an ihrer jeweils unterschiedlichen Dicke erkennbar wird, und daß zum anderen sogar Seitenunterschiede bestehen. Sollten diese auch beim Tier vorhanden sein - dazu fehlen Untersuchungen - hätte es Auswirkungen auf die Befundinterpretation, die schwieriger würde. Die von NEURAND und MEYER (1987) dargelegte Unterteilung der Epidermis in vitale und devitale Anteile kann man auch auf die Euterhaut des Rindes anwenden.

Den Zusammenhang zwischen der Behaarung und der Epidermisdicke untersuchten SCHOTTERER (1933) und SCOTT (1988). Ferner wird nach SCHOTTERER (1933) die Haut proportional dünner, je älter das Rind ist. Wie in den eigenen Ergebnissen dargestellt, schwankt die Epidermisdicke in der (behaarten) Euterhaut ohnehin stark (Abb. 6, 7) und ist z. T. sehr dünn (Abb. 12A). Ergänzend dazu betonen GOLDSBERRY und CALHOUN (1959) außerdem markante Unterschiede zwischen den Rassen.

Mit dem Vorkommen und der Zytologie von Melanozyten sowie epidermalen LANGERHANS-Zellen beschäftigten sich eine Reihe von Autoren (z. B. JUHLIN u. SHELLEY 1977; STINGL et al. 1980; TAMAKI u. KATZ 1980; BOS et al. 1988), jedoch erfolgten die Untersuchungen nahezu ausschließlich beim Menschen. MEYER et al. (1978 b) heben das stark rasseabhängige Schwanken des epidermalen Pigmentgehalts hervor.

Speziell zum Str. corneum und seiner Dicke liegen nur wenige Untersuchungen vor, z. B. von AMAKIRI (1973) an tropischen afrikanischen Rinderrassen. Nach MEYER und NEURAND (1991) vermischen sich abgestoßene Zellen des Str. corneum mit den Sekreten der Schlauch- und Talgdrüsen. Der Lipidnachweis mit Phosphin 3R, insbesondere für die neutralfettreichen interzellulären Zonen des Str. conjunctum, weist die von SCOTT (1988) beschriebene feste Verbindung der Hornzellen untereinander nach.

Auch GOLDSBERRY und CALHOUN (1959) beobachteten beim Rind ein proportionales Anwachsen der Fasergröße in der Dermis mit zunehmender Tiefe (Abb. 6, 13A). KÜNZEL (1990) beschreibt diesen Zusammenhang beim Menschen und führt ferner an, daß beim Bestehen einer dünnen Epidermis die Hautpapillen fehlen oder klein sind. In der Subkutis sind keine für die äußere Haut charakteristischen Fettzelleinlagerungen sichtbar (Abb. 16).

Die Anordnung der Haare in Form unabhängiger Einzelhaarfollikel (Abb. 12A) bestätigt u. a. Angaben von GOLDSBERRY und CALHOUN (1959) sowie MEYER et al. (1978 b).

Die Ausbildung des M. arrector pili stimmt ebenfalls prinzipiell mit Ergebnissen anderer Untersucher überein (KÜHNEL 1985; LEONHARDT 1990 b; MONTEIRO-RIVIERE 1991). Beim Rind setzt der Muskel jedoch unmittelbar an der Haarzwiebel an (Abb. 6), während bei anderen

Tierarten der Ansatz im mittleren Abschnitt des Haarfollikels beschrieben wird. Die Kontraktion der glatten Hautmuskulatur begünstigt nach BONNET (1887) zunächst die Entleerung der Schlauch- und danach der Talgdrüsen.

Das Erscheinungsbild der Gl. sebacea in der Euterhaut (Abb. 12A, 12B, 13A) ist den Befunden von GOLDSBERRY und CALHOUN (1959) adäquat, ausgenommen die Beobachtung, daß die Drüse meist nur auf einer Seite der Haarfollikels ausgebildet ist. Wie LEONHARDT (1990 b) gehe ich ebenfalls von der zwingenden Nachbarschaft zu einem Haar aus.

Weiterführend befassen sich DOWNING und LINDHOLM (1982) mit den Lipiden im Sekret, ANDRES und VON DÜRING (1977) sowie MEYER et al. (1991) mit dem Film auf der Hautoberfläche.

Die apokrinen Schlauchdrüsen kommen nach GOLDSBERRY und CALHOUN (1959) sowie GERISCH (1977) beim Rind als häufigste Hautdrüsenart vor. HIFNY et al. (1984) konstatieren die größten Schlauchdrüsen um die Genitalien sowohl beim männlichen als auch beim weiblichen Büffel.

In Übereinstimmung mit Erkenntnissen von GOLDSBERRY und CALHOUN (1959) liegen die Schlauchdrüsen etwas tiefer in der Haut als die Gl. sebaceae (Abb. 13A). Wie BONNET (1887) und MEYER et al. (1978 b) anführen, sind die Drüsen meist nur gering gewunden und weisen sackförmig dilatierte Endstücken auf (Abb. 6, 13A, 13B).

Die lichtmikroskopisch ermittelten Befunde zu den Drüsen- und Myoepithelzellen stimmen mit denen von GOLDSBERRY und CALHOUN (1959) überein. In den eigenen Untersuchungen sind zwar apikale Vorwölbungen der Drüsenzellen vorhanden, jedoch bleiben diese nur flach (Abb. 13B, 14A, 14B), bspw. im Kontrast zu den deutlichen zungen- und keulenförmigen Sekretkuppeln beim Menschen, wie sie REBER (1983) dokumentiert.

Die Ultrastruktur der menschlichen Schlauchdrüsenzellen deckt sich weitgehend mit den vorgestellten Ergebnissen (Abb. 15A). Das gilt z. B. für die stummelförmigen Mikrovilli, die spezifischen Zellkontakte und die langgestreckten Mitochondrien (KÖPF-MAIER u. MERKER 1989). Nicht bestätigen lassen sich dagegen die von diesen Autoren erwähnten zentralständigen Zellkerne, Sekundärylisosomen sowie supranukleären Vakuolen. Auch finden sich keine Hinweise auf die in der vorliegenden Arbeit beschriebene zweite Zellart mit dem elektronendichten Plasma (Abb. 15B).

Verlauf (Abb. 12A, 13A, 13B, 16) und Mündungsort des Ausführungsganges der Schlauchdrüse werden beim Rind unterschiedlich diskutiert (FINDLAY u. YANG 1951). In Übereinstimmung mit den dargestellten Ergebnissen passiert der Gang nach GOLDSBERRY und CALHOUN (1959) die Lobuli der Talgdrüse an der Seite, wo auch der M. arrector pili liegt. Konform mit Befunden von BONNET (1887), GOLDSBERRY und CALHOUN (1959) und MEYER et al. (1978 b) mündet die Mehrzahl der apokrinen Drüsen oberhalb der Gl. sebacea in die Haarbälge, sehr nahe der Hautoberfläche. Seltener öffnet sich der Ausführungsgang auf die Oberfläche in nächster Nähe eines Haarbalgtrichters, was bereits FINDLAY und YANG (1951) beobachteten. Zwar existieren einige wenige Zeichnungen zu dieser Frage, jedoch ist dem Verfasser keine fotografische Beweisführung bekannt, die den Verlauf und die Mündung des Ductus excretorius der apokrinen Schlauchdrüsen beweisend abbildet.

Die Befunde zu den Blutgefäßen, den HOYER-GROSSER Organen und den Lymphgefäßen jeder untersuchten Tierart werden zusammenfassend am Ende des Abschnittes zur Euterhaut diskutiert.

Im Str. reticulare und Str. papillare beschreibt AMAKIRI (1973) bei tropischen Rindern auffällig zahlreiche periphere Nerven und Nervenfasern, ein Befund, der nicht auf die eigenen Untersuchungen übertragbar ist (Abb. 16).

Hervorzuheben sind die angeführten regionalen Unterschiede zwischen den einzelnen Euterbereichen (vgl. Tabelle 5), die als Zeichen der Anpassung, hauptsächlich in Sinne einer mechanischen Belastbarkeit der Epidermis zu interpretieren sind.

Euterhaut des Pferdes

Angaben zur Euterhaut gehen im wesentlichen auf Untersuchungen von STOSS (1906), ELLENBERGER (1906) und TALUKDAR et al. (1972 b) zurück. TALUKDAR et al. (1972 b) und TALUKDAR (1973) stellen die typische Epidermisschichtung auch ausdrücklich für das Pferd fest. Allgemein unterscheiden TALUKDAR et al. (1972 b) Hautgebiete sowohl mit dicker als auch mit dünner Epidermis, analog der vorliegenden Untersuchungen, und registrieren 3-27 Zellagen des Str. spinosum, was sich mit den Angaben von MEYER (1998) und den eigenen Untersuchungen deckt. TALUKDAR et al. (1972 b) geben 15-80 µm sowie SCOTT (1988) 30-95 µm als Dicke der Epidermis an. MEYER (1998) beziffert speziell die Dicke der Euter- und Zitzenepidermis mit 120-250 µm.

MEYER und NEURAND (1991) sowie MEYER (1998) heben zum Str. corneum hervor, daß sich auf dieser Schicht und zwischen ihren Lamellen eine artenarme Mikroflora befindet, die von der Mischung aus abgestoßenen Hornzellen und dem Sekret beider Hautdrüsen lebt und diese zersetzt.

Auch TALUKDAR et al. (1972 b) und TALUKDAR (1973) heben das Vorkommen von Keratohyalin granula (Abb. 51B, 51C) hervor. Gemäß diesen Autoren sollen dendritische Melanozyten nicht nur im Str. granulosum sondern auch schon im Str. spinosum auftreten.

TALUKDAR (1973) und SCHMIDT et al. (1974) beschreiben ebenfalls, daß die Zellen des Str. basale mit feinen Zytoplasmaausläufern in die darunter liegende Basalmembran penetrieren. Durch das „enmeshing“ von retikulären Fasern mit den dermalen kollagenen Fasern des Str. superficiale dermidis wird nach Auffassung der Autoren die Festigkeit der dermo-epidermalen Verbindung erreicht.

Über Aufbau, Entstehung und Funktion des dunklen talgigen Belages im Sulcus intermammaris (Abb. 60) finden sich in der Fachliteratur nur wenige, z. T. auch noch widersprüchliche Angaben. DOBBERSTEIN und KOCH (1958) bezeichnen das Sekret als stark riechend, was jedoch aus eigener Erfahrung nicht bestätigt werden kann.

Die starke Ansammlung des schwarzgrauen Sekretes in diesem Gebiet erwähnen einigen Autoren (DOBBERSTEIN u. KOCH 1958; ELLENBERGER u. BAUM 1974; HABERMEHL 1996 b). Dabei handelt es sich nicht nur um das Sekret der Talgdrüsen, sondern auch um ein außerordentlich mächtiges Str. corneum (Abb. 61A, 62A). Es ist zu vermuten, daß die toten Hornschuppen vom Talg eingefettet werden und daß dadurch der Belag seine charakteristische Beschaffenheit erlangt. Funktionell soll er nach Auffassung von HABERMEHL (1996 b) und ÜBERMUTH et al. (1998) die gegenseitige Reibung der beiden Euterhälften in der Bewegung herabsetzen. Das scheint aufgrund der relativ geringen Größe selbst der laktierenden Milchdrüse wenig plausibel. Wenn überhaupt, dann würde dieser Aspekt meiner Meinung nach lediglich eine untergeordnete Rolle spielen.

Keinerlei Hinweise bestehen seitens anderer Autoren zur besonderen Ausbildung des mehr-

schichtigen Plattenepithels im Sulcus intermammaris (Abb. 61A). Vor dem Hintergrund der überaus starken Verhornung läßt sich das (lichtmikroskopische) Ausbleiben von Keratohyalin granula (Abb. 62A) nicht deuten, ebensowenig das massive Vorkommen von Sekretvesikeln und Lipidvakuolen in den Keratinozyten des Str. spinosum (Abb. 61B, 61C). Das starke Str. corneum resultiert eventuell aus einem reduzierten mechanischen Reiz zur Abschilferung in diesem Hautabschnitt. Dagegen erklärt sich die Länge der Papillarkörper z. T. damit, daß das Epithel außerordentlich dick ist und sowohl gut befestigt als auch versorgt werden muß (Abb. 61A, 62A, 62B).

TALUKDAR et al. (1972 b) charakterisieren die Dermis als besonders dicht, und die vorliegenden Untersuchungen bestätigen, daß die beiden Koriumschichten markant entwickelt sind. Diese Autoren sowie STOSS (1906) und KÜNZEL (1990) finden, analog der dargelegten Ergebnisse (Abb. 52), oberflächlich feine eng aneinander liegende Kollagenfasern im Gegensatz zu den kompakten Faserbündeln der tieferen Schicht. Zudem treten beim Pferd im Vergleich zum Rind feinere kollagene Fasern auf, wie auch bei STOSS (1906) beschrieben.

Viele Untersucher bevorzugten eine Untergliederung des Koriums in Str. papillare und Str. reticulare. Die von KÜNZEL (1990) vorgenommene Unterteilung in Corpus papillare, Str. superficiale und Str. profundum dermidis erweist sich dagegen im Vergleich mit den vorliegenden Ergebnissen als geeigneter, da alle drei Schichten beim Pferd deutlich voneinander abzugrenzen sind (Abb. 50).

Das Vorkommen kräftiger Mm. arrectores pilorum (Abb. 52) wird ebenfalls von TALUKDAR et al. (1972 b), KÜNZEL (1990), WAKURI et al. (1995) und MEYER (1998) entsprechend herausgestellt. TALUKDAR et al. (1972 b) und WAKURI et al. (1995) meinen, wie bereits erwähnt, daß sich die Haarbalgmuskeln in Höhe der Gl. sebacea in so viele Zweige aufspalten, wie die Drüse Läppchen besitzt, was jedoch nicht aus den vorliegenden Untersuchungen hervorgeht.

In der Literatur wird ferner durchgehend von einem besonders zahlreichen Vorkommen an Schweiß- und Talgdrüsen in der Schamgegend bzw. am Stuteneuter berichtet (DOBBERSTEIN u. KOCH 1958; TALUKDAR et al. 1972 b; DYCE et al. 1991 a; KOCH u. BERG 1993; HABERMEHL 1996 b). STOSS (1906) sowie ELLENBERGER und BAUM (1974) sprechen sogar speziell bezogen auf die Haut des Sulcus intermammaris von einer großen Anzahl an Schlauch- bzw. Schweißdrüsen mit sichtbaren Mündungen. In der vorliegenden Studie finden sich die meisten Hautdrüsen an der Grenze zwischen Dermis und Hypodermis (Abb. 50).

Nach TALUKDAR et al. (1972 a, b) sind beim Pferd gewöhnlich zwei, gelegentlich auch mehr, große Gl. sebaceae mit jedem Haarfollikel assoziiert, nach KÜNZEL (1990) bei anderen Huftieren sogar bis zu sechs. TALUKDAR et al. (1972 b) zeigen Beispiele, wo mehrere Ausführungsgänge, einer über dem anderen, in den Haarfollikel münden. Im Gegensatz zu diesen Autoren, jedoch in Übereinstimmung zu den vorliegenden Befunden (Abb. 50, 52, 56A), berichtet MEYER (1998) von großen und stark aufgezweigten Drüsen aus 8-20 Läppchen, u. a. im Gebiet der Euterhaut.

BONNET (1887) und STOSS (1906) vermerken, daß Talgzellen neben kleinen Fetttropfchen häufig feine braune Pigmentkörner enthalten. Deren Auftreten ist bisher lediglich von einigen Antilopenarten bekannt (BECCARI 1909; SCHAFFER 1940).

KÜNZEL (1990) konnte nachweisen, daß der Lam. basalis eine Zellage undifferenzierter Stammzellen aufsitzt, was durch die eigenen Befunde bestätigt wird (Abb. 53A, 90C). MEYER et al. (1996) registrieren ebenso wie in der vorliegenden Arbeit ein weitmaschiges Netz an Blutkapillaren in der Umgebung dieser Drüsen (Abb. 53B).

Zum ultrastrukturellen Aufbau der Talgzellen (Abb. 53C) bei den in Rede stehenden Tieren fehlen Literaturangaben. Im Vergleich mit dem Menschen (KÖPF-MAIER u. MERKER 1989; KRSTIC 1994 b) herrscht weitestgehend Übereinstimmung. Indessen findet sich in Bezug auf die hellen und dunklen Zellen nur der Hinweis, daß undifferenzierte Basalzellen ein dunkles Zytoplasma mit wenigen Organellen haben (KRSTIC 1994 b). Wegen ihrer eindeutig zentralen Position kann es sich aber nicht um diese Basalzellen handeln. Es liegt näher, daß sich die dunklen Zellen (Abb. 65) aufgrund ihres kondensierten Zytoplasmas in Degeneration befinden. KRSTIC (1994 b) trifft jedoch keine Aussage über die Elektronendichte der Zellen, die kurz vor dem Platzen stehen.

Wie dargelegt, kann der Ausführungsgang der apokrinen Schlauchdrüse unmittelbar entlang der Talgdrüse verlaufen (Abb. 52). In den Arbeiten von EVANS et al. (1957) und TALUKDAR et al. (1972 b) scheint er in je einer Aufnahme, ähnlich den Abbildungen 56A und 56B, sogar in die Talgdrüse hineinzuziehen. Ein Vermischen beider Drüsensekrete geschieht nach MEYER (1998) erst, wenn der Talg in den Haarkanal abgegeben wird. Das erinnert an zusammengesetzte Drüsen, z. B. an das Präorbitalorgan des Schafes, das aus zwei voneinander abhängigen aktiven Komponenten besteht. KREBS (1992) gibt in einem solchen Organ einen peripheren apokrinen sezernierenden Teil (enthält den Duftstoff) und einen zentralen holokrinen Teil (liefert den fettigen Trägerstoff) an. Dies paßt zur Aussage von MYKYTOWYCZ (1972), daß das Sekret apokriner Schlauchdrüsen in zusammengesetzten Hautduftorganen die Duftbotschaft enthält, während das holokrine Sekret als dessen Träger fungiert.

Weiterführende Untersuchungen beschäftigen sich mit den Talg-Lipiden hinsichtlich ihrer zeitabhängigen Biosynthese (COLTON u. DOWNING 1985), ihrer chemischen Zusammensetzung oder dem Vermögen, dem Fell wasserresistenten Schutz zu verleihen (DOWNING u. COLTON 1980).

Die Befunde zum Vorkommen apokriner Schlauchdrüsen stimmen mit denen anderer Autoren (TALUKDAR et al. 1970; WAKURI et al. 1995) überein. Wie bereits dargelegt, sind diese Drüsen nach Einschätzungen von DUKES (1970) und TALUKDAR et al. (1970, 1972 b) beim Pferd bis auf wenige Regionen (Rückenmitte, Unterlippe, Oberlippe) besonders gut entwickelt und sollen laut STOSS (1906) in der Flanke kontinuierliche Lagen bilden. In der Euterhaut sind sie zwar zahlreich (Abb. 50), was sich mit den Ergebnissen von STOSS (1906) und TALUKDAR et al. (1972 b) deckt, jedoch nicht in dem Maße, daß sie sich zu einer „fast kontinuierlichen Drüsenschicht“ formieren, wie MEYER (1998) für die distale Euterhälfte geltend anmerkt.

EVANS et al. (1957) und TALUKDAR et al. (1972 b) führen in Übereinstimmung mit den eigenen Befunden aus, daß die Drüsen den Haarfollikel komplett umgeben bzw. mit ihm assoziiert sind (Abb. 50, 56A). WAKURI et al. (1995) finden die Drüsen völlig unterhalb der Haarfollikel angelegt, was nur teilweise für die vorgestellten Untersuchungen zutrifft (Abb. 66).

Für das Pferd liegen auch zur Größe der Azini widersprüchliche Angaben vor, die von „relativ klein“ (WAKURI et al. 1995) bis „sehr groß“ (KÜNZEL 1990) reichen. Die angetroffenen mittelgroßen bis kleinen Endstücke (Abb. 55, 91A) gehen demnach eher mit WAKURI et al. (1995) konform.

Der sekretorische Anteil besteht nach EVANS et al. (1957), MONTAGNA und PARAKKAL (1974) sowie WAKURI et al. (1995) aus einfach geknäulten Drüsenschläuchen entlang der Haarfollikel. BONNET (1887) beschreibt sie hingegen als durchweg, MEYER et al. (1978 d) als unregelmäßig gewunden. Eine nestförmige Anordnung (Abb. 50, 66) wird dagegen nicht erwähnt.

Die ultrastrukturellen Befunde zu apokrinen Schlauchdrüsen (Abb. 91B) finden im wesentlichen durch SØRENSEN und PRASAD (1973) sowie bei KRSTIC (1994 b) Bestätigung, wenn man

auch berücksichtigen muß, daß es sich bei letztgenannter Studie um Angaben zum Menschen handelt. Konkret stimmen bei den sekretorischen Zellen der luminale Bürstensaum, die kleinen und großen sekretorischen Granula und die Tatsache überein, daß die Zellen auf einer gut entwickelten Basalmembran ruhen. Im Unterschied zu SØRENSEN und PRASAD (1973) werden jedoch weniger Mikrovilli und keine markanten apikalen Protrusionen oder intraepithelialen Canaliculi vorgefunden, ebensowenig wie ein basales Labyrinth der Zellmembran, welches KRSTIC (1994 b) beschreibt. Gründe für diese Differenzen sind vermutlich darin zu sehen, daß zum einen andere Hautareale und zum anderen auch männliche Tiere von SØRENSEN und PRASAD (1973) untersucht wurden.

Die beiden von KUROSUMI et al. (1963), MEYER et al. (1978 a) und KÜNZEL (1990) erwähnten unterschiedlichen Typen von Drüsenzellen (große Zellen mit Sekretvesikeln und kleine Zellen mit dichtem Zytoplasma) sind in den vorliegenden Untersuchungen (Abb. 91B) nicht nachweisbar. Dagegen finden COTTON et al. (1975 a, b) beim Beagle und KRSTIC (1994 b) - ähnlich wie der Autor beim Pferd - nur einen Drüsenzelltyp. Der Befund von EVANS et al. (1957), wonach die Zellen zentral liegende runde Zellkerne besitzen, kann nicht bestätigt werden.

Mit Ausnahme von ELDER et al. (1977) wird der apokrine Sekretionsmodus dieser Drüsen von anderen Autoren (BELL u. EVANS 1957; TALUKDAR et al. 1970, 1972 b; SØRENSEN u. PRASAD 1973) nicht bezweifelt. Auch MEYER und NEURAND (1987) verweisen auf die Seltenheit großer zytoplasmatischer Protrusionen der apokrinen Drüsenzellen (Abb. 91A) beim Pferd.

Pigmentierte Schlauchdrüsen im Sulcus intermammaris (Abb. 66, 67) bleiben in der Fachliteratur ohne Erwähnung und deren funktionelle Bedeutung damit weiterhin ungeklärt. Eventuell bedingt das Melanin eine leichte Tönung des Sekrets und erhöht so den UV-Schutz.

Bezüglich myoepithelialer Zellen (Abb. 91A) wird von anderen Autoren lediglich ausgeführt, daß sie mit den Drüsenzellen assoziiert sind (TALUKDAR et al. 1970; SØRENSEN u. PRASAD 1973; KÜNZEL 1990).

Der Abschluß des sekretorischen Anteils der Drüse (Abb. 91A) ist nur in Untersuchungen von EVANS et al. (1957) dokumentiert worden. Weiterhin findet der histologische Aufbau des engen Ductus excretorius aus zwei bis drei Lagen Epithelzellen (Abb. 53A), die jedoch nicht von Myoepithelzellen unterlagert werden, bei SØRENSEN und PRASAD (1973) sowie KÜNZEL (1990) Bestätigung. Im Widerspruch zu den Ergebnissen von EVANS et al. (1957), DUKES (1970) und MEYER (1998) öffnet er sich nicht in den Haarfollikel, sondern endet mit einer Pore direkt an der Hautoberfläche (Abb. 52).

Zwar räumen SØRENSEN und PRASAD (1973) sowie MONTGOMERY et al. (1982 b) auch diese Variante der Mündung ein, doch fehlt eine entsprechende fotografische Abbildung.

Vom gelegentlichen Vorkommen intraglandulärer glatter Muskelzellen und Lymphkapillaren (Abb. 55) ist bisher aus der Literatur nichts bekannt. Der Autor vermutet, daß die glatten Muskelzellen durch ihre Kontraktion die Sekretabgabe direkt vor Ort unterstützen. Weiterhin wäre vorstellbar, daß in bestimmten Hautabschnitten mit besonders intensiver Sekretion Lymphkapillaren zwischen die Azini eingeschaltet werden, um Diffusionsstrecken zu verkürzen und so erhöhte Resorptions- und Austauschprozesse zu realisieren.

Darüber hinaus beschäftigen sich einige Autoren (AOKI et al. 1959; JUNKELMANN 1976; JOHNSON u. CREED 1982; MEYER u. NEURAND 1987) beim Pferd mit der Funktion des Sekretes und dem Vorgang des Schwitzens.

Zur Hypodermis des Pferdes ergänzt KÜNZEL (1990), daß sie im allgemeinen dünn, jedoch von

straffer Konsistenz ist.

Euterhaut des Schafes

Bisher ist zur allgemeinen Morphologie der Haut und zum histologischen Aufbau der Euterhaut des Schafes (Abb. 102) wenig bekannt. KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) adspezierten 35 unterschiedliche Körperregionen, u. a. die inguinale Region und die Zitzenhaut, und liefern somit unseres Erachtens die bisher umfassendste Darstellung der lichtmikroskopischen Verhältnisse.

Während auch nach HABERMEHL (1996 a) das Schafeuter an den lateralen Partien und an den Zitzen fein behaart ist, wird von DYCE et al. (1991 b) die Möglichkeit eingeräumt, daß der obere Teil des Euters vom Vlies bedeckt sein kann. Die bräunliche Pigmentierung der Euterhaut findet allgemein Bestätigung, und HABERMEHL (1996 a) berichtet, daß sie nur selten pigmentfrei sei.

Die Ergebnisse zur Epidermis decken sich im wesentlichen mit denen anderer Autoren (LLOYD et al. 1979 a; BRITT et al. 1985). Jedoch findet die Unterscheidung zweier unterschiedlicher Epidermistypen (Epidermis des Mammarkomplexes [Abb. 104] gegenüber der Epidermis im Sulcus intermammaricus (Abb. 103A, 105A, 106B) und Sinus inguinalis [Abb. 103B, 105B]) keine Erwähnung in der Literatur.

Mit Bezug auf die Dicke der Epidermis verweisen LYNE und HOLLIS (1968) auf den Zusammenhang, daß diese Schicht in wolle-wachsenden Regionen dünner ist als in behaarten und beträchtlichen Schwankungen unterliegt. Es findet sich auch ein Hinweis auf die z. T. sehr dünne Epidermis im Sulcus intermammaricus (Abb. 103A, 105A, 106B) und Sinus inguinalis (Abb. 103B, 105B) von LLOYD et al. (1979 b), die angeben, daß die lebende Epidermis nur halb so dick wie das Str. corneum sein kann. Ein Zusammenhang zwischen Epidermisdicke und Höhe der Papillen wird von anderen Autoren nicht hergestellt.

Als einen weiteren Aspekt gibt ROBERTS (1963) die Verteidigungsfunktion des Str. corneum gegenüber *Dermatophilus*-Infektionen zu bedenken. LLOYD et al. (1979 a) heben ferner den komplexen Charakter der Hornschicht hervor, weil diese sowohl zelluläre als auch Lipidkomponenten einschließt. Die Autoren unterscheiden (von peripher nach zentral) eine äußere Lipidschicht (9 µm), ein lockeres Str. corneum (16 µm), ein intaktes Str. corneum (16 µm) sowie schließlich die vitale Epidermis. Diese Beobachtungen finden in der vorliegenden Arbeit Akzeptanz, die morphometrischen Befunde ausgeklammert, weil diese nicht Gegenstand der Untersuchungen waren.

Wie bereits erwähnt, konstatieren KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) das Auftreten eines Str. lucidum lediglich an speziellen Lokalisationen, ohne die untersuchten Hautabschnitte zu nennen, was mit den eigenen Befunden konform geht.

Das Auftreten großer Melanozyten unmittelbar unter der dermo-epidermalen Verbindungszone in den Papillen, in der äußeren Wurzelscheide (Abb. 109) und in der Haarzwiebel deckt sich mit Angaben von LYNE und HOLLIS (1968) bzw. FORREST et al. (1985) für das Schaf im allgemeinen und für schwarze Merinoschafe im speziellen.

Im Gegensatz zu den wenigen und mittelgroßen Mm. arrectores pilorum in der vorliegenden Studie erwähnen KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) ausdrücklich große Haarbalgmuskeln perianal und in den thorakalen Hautregionen. Die Autoren berichten weiterhin von glatten Muskelzellen ohne Beziehung zu einem Haar, die parallel der Hautoberfläche verlaufen, wie sie auch in der vorliegenden Arbeit dargestellt werden (Abb. 105A, 106B).

Meine Untersuchungen zeigen, daß sich die Haare in Form von Follikelgruppen anordnen, deren Komposition den Angaben von KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) sowie HABERMEHL (1996 a) entspricht.

Im Vergleich zur Euterhaut beim Rind und Pferd kommen nach KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) beim Schaf generell mehr apokrine Schlauchdrüsen vor, besonders im Sinus inguinalis (Abb. 105B) und in der Haut über den Mammarkomplexen. Der große Reichtum im Sulcus intermammaricus (Abb. 105A) bleibt bei anderen Autoren zwar unerwähnt, doch MARGOLENA (1962) führt aus, daß in bewollten Hautabschnitten die Drüsen unter die Follikel reichen und dort eine deutliche Schicht bilden können.

Da in der vorliegenden Arbeit eine starke Aufknäulung der Drüsen (Abb. 105A, 105B) beschrieben wird, weichen sie von den Befunden von BONNET (1887) sowie MEYER et al. (1978 b) ab. Eine mögliche Erklärung für die Diskrepanz liefert MARGOLENA (1962), da der Autor nachdrücklich auf beträchtliche Rassenunterschiede aufmerksam macht. HABERMEHL (1996 a) beschreibt den Verlauf der Tubuli allgemein zwar als geschlängelt, doch sollen sie sich an den Enden nicht aufknäulen.

Von der ausgeprägten Morphokinese der Drüsenzellen, einschließlich kuppelförmiger Zellsprünge in das Lumen der Endstücke (Abb. 106A), berichten auch BLIGH (1961), MARGOLENA (1962), KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) sowie ELDER et al. (1977). Hinsichtlich der beobachteten Sinus (Abb. 105B, 130, 131A, 131B) sprechen zwar KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) von großen weiten Azini der Drüse, doch ist in der Literatur bisher weiter nichts über derart großlumige Strukturen bekannt. Lediglich KREBS (1992) verweist darauf, daß im Antorbitalorgan des Schafes auffällige zisternenartig erweiterte Sammelräume, ausgestattet mit flachem einschichtigen Epithel, vorkommen und als Ausdruck dafür stehen, daß erhebliche Sekretmengen gebildet werden.

Die eigenen Untersuchungen bestätigen Befunde von KOZLOWSKI und CALHOUN (1969), die gerade für die inguinale Region ein reiches Vorkommen apokriner Drüsen festhalten, deren Sekret laut HABERMEHL (1996 a) sowie der eigenen Beobachtungen oft verkrustet und verschmutzt. Vermutlich resultiert der talgige Belag in den Sinus inguinales aus der Aktivität der apokrinen Schlauchdrüsen in Verbindung mit den Talgdrüsen. Über spezifische Funktionen ist noch nichts bekannt.

Obwohl von dem peripheren Myoepithel übereinstimmend berichtet wird (u. a. MARGOLENA 1962; KOZLOWSKI u. CALHOUN 1969), fehlt bisher die Betonung der auffällig deutlichen Ausbildung einer isoprismatischen Zelllage beim Schaf (Abb. 106A).

Zum kontinuierlichen Übergang des sekretorischen Anteils in den Ausführungsgang (Abb. 106B) bestehen keine Vergleichsmöglichkeiten. Laut MARGOLENA (1962) hebt sich das zweilagige Epithel des Ganges wenig ab, im Unterschied zur aktuellen Studie, wo die adluminal Schicht aus regelmäßigen isoprismatischen Zellen und die äußere Lage aus abgeplatteten Zellen zusammengesetzt ist. Aufgrund ihres höheren Gehalts an Chromatin erscheinen diese Zellen dunkler als die Drüsenepithelzellen. Die bereits genannte Unterteilung des Ausführungsganges nach MONTGOMERY et al. (1982 b) trifft auch auf die vorliegenden Untersuchungen zu.

Die Einmündung des Ductus excretorius in den Haarbalg oberhalb der Gl. sebacea, wie von MARGOLENA (1962) sowie KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) beschrieben, wird nicht angetroffen, statt dessen seine Öffnung in Form einer Pore auf die Hautoberfläche. Dazu gibt KREBS (1992) mit Verweis auf das Antorbitalorgan des Schafes den vagen Hinweis, daß dort der apokrine Drüsenteil auch frei münden kann und nicht wie der Talgdrüsenteil in die Wurzelscheide eintritt.

Von der verhältnismäßig deutlichen Lobulierung der Talgdrüsen durch zahlreiche bindegewebige Trabekel (Abb. 108) berichten auch KOZLOWSKI und CALHOUN (1969). Bei LYNE und HOLLIS (1968) sieht man auf einer Abbildung ein loses Netz aus Blutkapillaren um die Drüse. Die Talgdrüsen kommen nach WARREN et al. (1983) bei älteren Schafen in einer höheren Dichte als bei Lämmern vor, worin die Ursache für deren dünnere oberflächliche Wachsschicht zu suchen sei.

Speziell beim Merinoschaf überzieht der abgegebene Talg die Hautoberfläche in Form eines intakten Filmes (LLOYD et al. 1979 a; WARREN et al. 1983). Mit den Funktionen des Talges beschäftigten sich SAR und CALHOUN (1966), KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) bzw. LLOYD et al. (1979 a).

Nach LYNE und HOLLIS (1968) enthält das dermale nervale Netz und das der Haarfollikel Cholinesterase. MOLYNEUX (1977) beschreibt „nicht-adrenerge, nicht-cholinerge“ Nervenfasern, die mit arteriovenösen Anastomosen verbunden sind.

Euterhaut der Ziege

Speziell zur Epidermis und zu den Talgdrüsen dieser Spezies finden sich lediglich bei SAR und CALHOUN (1966) sowie SCOTT (1988) Aussagen, zur Rolle des Hauttalges als Schutzfilter gegen UV-Einstrahlung und zur Dicke der Epidermis (20-40 µm).

Zu den von mir unterschiedenen Epidermistypen der Haut des Sinus inguinalis (Abb. 143A) und der übrigen Haut der Mammarkomplexe (Abb. 148A, 148B) fehlen in der Literatur Vergleichsmöglichkeiten. Das gilt auch für die elektronenmikroskopischen Befunde zum Str. basale (Abb. 143B). Von den verschiedenen Lokalisationen der Melanozyten (Abb. 143A, 143B, 145A) ist diejenige zwischen den peripheren Matrixzellen in den Talgdrüsen (Abb. 143A, 145A) in der Literatur unerwähnt.

Während SAR und CALHOUN (1966) das Vorkommen von größeren apokrinen Schlauchdrüsen u. a. in der Euterhaut betonen, finden MEYER et al. (1978 b) in der behaarten Haut nur kleine und wenig aktive apokrine Drüsen. Beide Beobachtungen, sowohl die von SAR und CALHOUN (1966) für die Haut der Mammarkomplexe als auch die von MEYER et al. (1978 b) für die Haut des Sinus inguinalis decken sich mit den eigenen Ergebnissen (Abb. 144, 147, 150A), was auf regionale Modifikationen schließen läßt.

Nach MARGOLENA (1962) sollen die Drüsen oberhalb oder nahe der Haarfollikel liegen, eine Aussage, die aufgrund der eigenen Befunde (Abb. 147) nicht bestätigt werden kann. Weiterhin registrieren ELDER et al. (1977) deutliche Veränderungen in der Zellform und in den zytologischen Merkmalen der sekretorischen Zellen, in Diskrepanz zu den eigenen Befunden (Abb. 150A, 150B). Eine mögliche Erklärung dafür geht aus den physiologisch-funktionellen Untersuchungen von KIMURA und AOKI (1962) zum Schwitzen in der behaarten Haut hervor. So sollen im nicht-schwitzenden Zustand weite Lumen der Endstücke, flache Drüsenepithelzellen und eine schmale Lage von Myoepithelzellen bestehen, im Kontrast zur aktiven Periode, in der sich die hochprismatischen Zellen ins Lumen vorwölben. In diesem Sinne befanden sich alle Tiere zu den vorliegenden Untersuchungen im inaktiven Zustand.

SAR und CALHOUN (1966) beschreiben im Gegensatz zu den vorgestellten Untersuchungen das abrupte Ende des sekretorischen Anteils der apokrinen Drüse. Der Verlauf des Ausführungsganges, vorbei an der Gl. sebacea, und seine beiden Mündungsmöglichkeiten, mit einer Pore auf der Hautoberfläche (Abb. 145A, 145B) oder in den Haarfollikel, werden speziell für diese Spe-

zies in der Literatur nicht geschildert.

SAR und CALHOUN (1966) erwähnen in der Dermis zwei Typen von Mastzellen, zum einen kleine Zellen mit feinen Granula und zum anderen größere Zellen mit großen metachromatischen Körnchen. Diese unterschiedlichen Zellen sind in den vorliegenden Untersuchungen lichtmikroskopisch nicht auffällig, obwohl bei Toluidinblaufärbung die Metachromasie auftritt.

Blutgefäße

Zum Abschluß der Diskussion zur Euterhaut sollen für sämtliche in Rede stehenden Tierspezies die Verhältnisse der Blutgefäße, einschließlich der Glomusorgane, und der Lymphgefäße diskutiert werden.

Bezüglich der Blutgefäßausbildung wird im Schrifttum übereinstimmend von zwei arteriellen und drei venösen Gefäßnetzen berichtet. In der Arbeit von GODYNICKI et al. (1985) ist dies eindrucksvoll dargestellt (beim Ferkel), wobei jedoch das räumliche Arrangement nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen ist.

Die Blutgefäße gehen aus einem subkutanen Arterienplexus hervor und bilden ein subpapilläres und ein kutanes Netz. Meine Ergebnisse bestätigen die Aussage von KÜNZEL (1990), daß sich in der Haut nahe des Übergangs zum Str. profundum ein dichtes Netz formiert, welches überwiegend aus Arteriolen und Venolen besteht. Nach Meinung des Autors entsteht zusammen mit Nerven, Kapillaren und Mastzellen in besonders reaktiven Hautzonen ein vaso-neuro-hormonaler Verbund.

Es liegen einige wenige Hinweise betreffs des Auftretens arteriovenöser Anastomosen und ihrer besonderen Formen speziell beim Pferd (TALUKDAR et al. 1972 b; MOLYNEUX et al. 1994; MEYER 1998) und beim Schaf (MOLYNEUX u. GRIFFIN 1963; MOLYNEUX 1964, 1965) vor. Letztgenannte Untersucher berichten von glomus-ähnlichen Strukturen in der Unterlippe und in der Haut der Flanken. Die vorliegenden Untersuchungen zur Euterhaut erbringen dagegen kein Auftreten von Anastomosen bei Schaf und Ziege. Nach MEYER (1998) sind spezialisierte arteriovenöse Anastomosen unregelmäßig über den Körper des Pferdes verteilt.

Die erhobenen Befunde hinsichtlich des Pferdes (Abb. 58) und des Rindes (Abb. 18) entsprechen weitgehend denen des Menschen von STAUBESAND (1953), MOLYNEUX und GRIFFIN (1963), KELLNER (1966 a), LÜDERS et al. (1970), LÜDERS (1986), SCHIEBLER und SCHMIDT (1987), LEONHARDT (1990 a), MONTAGNA et al. (1992), KRSTIC (1994 a), BUCHER und WARTENBERG (1997 b), WELSCH (1997) sowie SARGON et al. (1998). WELSCH (1997) dokumentiert die gleichen vorgefundenen histologischen Strukturen und bezeichnet sie als HOYER-GROSSER Organe.

Bezüglich der ausgedehnten Gefäßkonvolute, die durch eine Bindegewebskapsel organähnlich abgegrenzt werden, stimmen die Ergebnisse mit GROSSER (1902), STAUBESAND (1950), WELSCH (1997) sowie SARGON et al. (1998) überein. Dagegen findet SCHORN (1959) nicht immer eine bindegewebige Kapsel vor, sondern nur dann, wenn Fettgewebe angrenzt.

Einhellig werden epitheloide (Muskel-) Zellen als charakteristische Besonderheit von Glomusorganen angesehen (STAUBESAND 1950; MOLYNEUX et al. 1994; MEYER 1998). Nach GROSSER (1902) und LÜDERS (1986) handelt es sich bei diesen Glomuszellen um fibrillen-

freie polygonale Zellen in der T. media, die sich durch einen bläschenförmigen Zellkern und ein helles Zytoplasma auszeichnen. Auch nach HABECK et al. (1984) erfährt die T. media durch diese unterschiedlich dicht zusammengelagerten Zellen eine Verbreiterung. VOSS (1977), BÖCK (1980), SCHIEBLER und SCHMIDT (1987) sowie STEVENS und LOWE (1992) vermuten, daß es sich um modifizierte glatte Muskelzellen handelt. Ultrastrukturelle Untersuchungen epitheloider Zellen zeigen, daß die Zellen einen zentrifugalen Verlust an Myofilamenten haben, wodurch perinukleär ein heller Hof entsteht (LÜDERS et al. 1970). Die Autoren schlagen aufgrund der Herkunft der Zellen die Bezeichnung Myoepitheloidzellen vor.

WELSCH (1997) spricht von gewundenen arteriovenösen Anastomosen, die ungewöhnlich stark innerviert sind. TALUKDAR et al. (1972 b) konstatieren, jedoch nicht in diesem Kontext, spiralförmige Nervenbündel in tiefen Abschnitten der Dermis. Die Autoren berichten zwar, daß arteriovenöse Anastomosen in der Pferdehaut auffällig vorhanden sind, indessen lassen die in ihren Abbildungen gezeigten Strukturen wenig Übereinstimmung mit denen der vorliegenden Arbeit erkennen. Von einer benachbarten marklosen Nervenfasern aus werden gemäß MOLYNEUX (1970) sowie JUNQUEIRA und CARNEIRO (1991) kleine Zweige an die arteriovenösen Kanäle zur vegetativen Innervation abgegeben, speziell einer außerordentlich dichten sympathischen. STAUBESAND (1955) sowie GORGAS et al. (1977) finden diese Anastomosen mit marklosen, aber auch mit markhaltigen Nervenfasern verknüpft, wobei die Fasern ein bemerkenswert dichtes perivaskuläres Geflecht an adrenergen Endigungen ausbilden (MASSON 1937), das eine positive Acetylcholinesterasereaktion zeigt (BÖCK 1980). Dagegen beschreibt GENESER (1990 a) markhaltige Nervenfasern, deren Mechanismus jedoch „noch nicht vollständig verstanden“ wird.

Nach BUCHER und WARTENBERG (1997 b) sowie WELSCH (1997) liegen die Glomusorgane meist im Str. profundum. Dies wird von CLARA (1956) noch dahingehend präzisiert, daß hauptsächlich in den oberflächlichen Lagen des Str. profundum und etwas höher als die Schweißdrüsenkanäle Glomusorgane auftreten. MOLYNEUX und GRIFFIN (1963) beobachten die Glomusorgane jedoch mehrheitlich in der Hypodermis. Im Hahnenkamm befinden sich laut STAUBESAND (1950) fast sämtliche Glomusorgane in der Hypodermis und nur in einem Fall in der Dermis. In den vorliegenden Untersuchungen kommen Glomusorgane beim Rind sowohl im Str. profundum als auch in der Hypodermis, beim Pferd nur im Str. profundum vor.

Die angetroffene Formenvielfalt bestätigt Aussagen aus der Literatur, wonach zu anderen Arten arteriovenöser Anastomosen fließende Übergänge bestehen. Auch STAUBESAND (1950) unterstreicht in Hinblick auf Ausdehnung und Aufbau beträchtliche individuelle Unterschiede.

Über die funktionelle Bedeutung von Glomusorganen bestehen bislang lediglich Vermutungen (SARGON et al. 1998). HOYER (1877) geht von einer Rolle bei der Thermoregulation aus, was nach SCHIEBLER und SCHMIDT (1987) sowie LEONHARDT (1990 a) hauptsächlich an einigen vorstehenden Körperteilen relevant wäre, besonders im Sinne einer Regulation der Wärmeabstrahlung bzw. des Wärmeverlustes (GENESER 1990 a). Nach MEYER (1998) kann die Blutzirkulation großflächig verringert und somit ein unphysiologischer Wärmeverlust unterbunden werden. WHEATHER et al. (1987 a) finden Glomusorgane beim Menschen in allen der Kälte ausgesetzten Körperpartien ausgebildet, was den vorliegenden Beobachtungen entspricht, da das Euter ein frei hängendes Organ darstellt.

Durch die starke Aufknäulung der einzelnen Gefäßschlingen wird eine Vergrößerung der Oberfläche realisiert. Gemäß STAUBESAND (1952) kommt es zur Verlangsamung des Blutstromes und damit zu veränderten Bedingungen für den Stoffaustausch. Nach GANS und STEIGLEDER (1957) könnte so ebenfalls der Kapillardruck reguliert werden. MOLYNEUX (1964), HABECK et al. (1984), MONTAGNA et al. (1992) sowie BUCHER und WARTENBERG (1997 b) betonen ebenfalls eine Bedeutung bei der Regulation der örtlichen Durchblutung.

Laut SPANNER (1952) zieht das Zusammenspiel zwischen den kontraktile glatten Muskelfasern der Gefäßwand und den epitheloiden Zellen die Sperrung der Anastomose nach sich. Die Myoepitheloidzellen könnten durch Kontraktion oder Quellung auf die Durchblutung der arteriovenösen Anastomosen Einfluß ausüben und zudem Acetylcholin sezernieren (LEONHARDT 1990 a), das vermutlich bei der Entquellung der Zellen freigesetzt wird (SPANNER 1952). Dagegen ist sich SCHORN (1959) sicher, daß diese Zellen keine Quellelemente darstellen. Dieser Meinung schließen sich auch ANDRES und VON DÜRING (1977) an, weil aus ihrer Sicht ein Quellvorgang mehrschichtiger Zellagen eine zu lange Zeit beanspruchen würde. GENESER (1990 a) vertritt die Auffassung, daß die epitheloiden Zellen entweder anschwellen und damit die Anastomose verschließen oder als Polster dienen, die das Lumen abdichten.

Die weitreichendsten histologisch-funktionellen Aussagen liefert KRSTIC (1994 a). Wenn sich unter Stimulation der sympathischen Nerven die arteriovenösen Kanäle kontrahieren, gelangt mehr Blut in das kapilläre Netz, was die Peripherie erwärmt. SPANNER (1952) und LEONHARDT (1990 a) ergänzen, daß in der Anastomose eine weitgehend autonome Pulsation vorhanden ist und daß es nie zum totalen Verschuß oder zur völligen Öffnung kommt. KELLNER (1966 a) hebt die asynchrone unabhängige Tätigkeit der Glomusschenkel und deren Auswirkungen auf den hydrodynamischen Druck in den peripheren Kapillaren hervor. Neben einer hämodynamischen Rolle im Sinne einer Blutdruck- und Durchblutungsregulation vermutet LEONHARDT (1990 a) einen Einfluß auf den Wasserhaushalt sowie möglicherweise eine Rezeptorfunktion des Glomusorgans aufgrund der starken Nervenengeflechte, ähnlich der des Glomus caroticum. BISCHKO (1988) zählt die Struktur zu den Akupunkturpunkten mit „rezeptorischen Einrichtungen“. Aus eigener Sicht muß man im Zusammenhang mit der Funktion der äußeren Haut als großes Blutspeicherorgan auch in Betracht ziehen, daß Einrichtungen vonnöten sind, um die Blutreserven zu verwalten und ihre Verteilung effizient zu steuern.

Lymphgefäße

Im Zusammenhang mit Lymphgefäßen geben verschiedene Autoren Darstellungs- (WENZEL 1967; CALHOUN u. STINSON 1987; RYAN 1989), Unterscheidungs- (HUTH u. BERNHARDT 1977; MORTIMER et al. 1983; RYAN 1989; LUBACH et al. 1990, 1991 b) und Identifikationsschwierigkeiten (WENZEL 1967; RYAN 1989) an. In den vorliegenden Untersuchungen traten diese Probleme nicht auf, bei PFLEGER (1964) ebenfalls nicht. Als Gründe der Schwierigkeiten werden aufgeführt, daß im histologischen Schnitt die Struktur der lymphatischen Kapillaren bzw. der Lymphgefäße verschwindet (WENZEL 1967; RYAN 1989) oder daß diese „im normalen Gewebe“ aufgrund ihrer dünnen Wände meist kollabieren (HUTH u. BERNHARDT 1977; MORTIMER et al. 1983; LUBACH et al. 1990, 1991 b). Auch schätzt KELLNER (1966 b) nach entsprechenden Untersuchungen ein, daß es keine sicheren Kriterien zur Morphologie der Lymphgefäße gibt, zumal lymphatische Kapillaren auch mit kutanen Spalten leicht verwechselbar sind.

Bei diesen Spalten handelt es sich um in der Haut vorhandene begrenzte und unbegrenzte Hohlräume, wobei letztere nahe des Epithels parallel zur Oberfläche verlaufen. Manchmal sind sie kollabiert und breiter (bis 200 µm) als Lymphgefäße. Nach KISCH (1957) sowie OTTAVIANI und AZZALI (1965) dringen ausgehend von einem Lymphspalt um Blutkapillaren feine Spalten ins umgebende Gewebe. HEIMBERGER (1964) findet keine Verbindung des perikapillären Spalts zum benachbarten Lymphspalt. Beim Menschen beschreibt KIHARA (1956) lymphspaltenähnliche Erweiterungen um Haarfollikel und Nerven. Aus meiner Sicht scheint letztgenannte Problematik historischer Natur. Unbegrenzte Hohlräume werden in der neueren Literatur nicht

beobachtet und wären auch funktionell schwer vorstellbar. Da die Mehrzahl der lymphatischen Strukturen in der vorliegenden Arbeit Klappen ausweist (Rind: Abb. 17A; Pferd: Abb. 92; Ziege: Abb. 149), neigt der Autor dazu, sie als leitende Gefäße anstatt als begrenzte Spalten anzusehen.

Von Klappen in Lymphkapillaren wird einhellig berichtet (KUPRIANOV 1969; DAROCZY 1984; KAPPERT 1989; MONTAGNA et al. 1992; IKOMI u. SCHMID-SCHÖNBEIN 1995). Zweizipflige Klappen (z. B. Abb. 17A, 149) beschreibt auch RYAN (1995). Dagegen beobachten LEE und LASCELLES (1969) beim Schaf, daß die „feinen Lymphgefäße“ keine Klappen und nur ein einfaches Endothel haben.

CASLEY-SMITH (1983) sieht auch auf ultrastruktureller Ebene Schwierigkeiten, da eine initiale Lymphkapillare oft nicht größer als eine Blutkapillare sei, was nicht den eigenen Erfahrungen entspricht. Informationen zur Ultrastruktur des Endothels der Lymphkapillaren stammen von wenigen Autoren (HUTH u. BERNHARDT 1977; CASLEY-SMITH 1983; MORTIMER et al. 1983; BOUCHER et al. 1985; RYAN 1989; ZHANG et al. 1996) und stimmen im wesentlichen mit den eigenen Ergebnissen (Abb. 31B) überein.

Zum Phänomen, daß in der bovinen Euterhaut einige Blutgefäße von Lymphgefäßen umspült werden (Abb. 17B), gibt es in der Literatur lediglich vage Hinweise. Nach BELLMANN und ODEN (1957) tendieren Lymphgefäße in der Haut und der Hintergliedmaße beim Kaninchen dazu, sich im perivaskulären Raum großer Arterien und Venen anzuordnen. Auch KIHARA (1956) und LEAK (1970) beschreiben initiale nicht-kontraktile Lymphkapillaren, die mit Arteriolen (unter gegenseitiger reziproker Deformation), Drüsen sowie Haarfollikeln assoziiert sind und deren Lumen beträchtlich größer (50 µm) ist als das der Blutkapillaren (8 µm). Während HEIMBERGER (1968) Blutkapillaren nennt, die allseitig von einem Lymphspalt umgeben werden, beobachtet HAUCK (1988) beim Menschen unregelmäßig vorkommende paravasale Gebilde längs der Blutgefäßwand, die die Gefäße nicht komplett umschließen.

Im Gegensatz zu Schaf und Ziege sind bei Rind und Pferd zahlreiche Lymphgefäße zu verzeichnen. Speziell für die außerordentlich hohe Dichte an Lymphgefäßen in der Dermis des Rindes (Abb. 16, 17B), des Pferdes (Abb. 57) und im intralobulären Bindegewebe der Milchdrüse der Stute (Abb. 74A) gibt es in der Literatur keine Kommentare. Jedoch findet das Vorkommen von Lymphbahnen in der Subkutis des bovinen Euters Erwähnung, bei denen es sich um große, 5-7 mm weite Gefäße handelt (ELLENBERGER 1906; BAUM 1912; TURNER 1952; ZIEGLER 1959; ZIEGLER u. MOSIMANN 1960).

Drüsengewebe des Rindes

Ei- oder birnenförmige bzw. auch unregelmäßige Alveolenformen (Abb. 19A) werden ebenfalls von ZIEGLER und MOSIMANN (1960) sowie SUAREZ und MORUJO (1982) erwähnt. Dabei resultieren die inkonstanten Formen daraus, daß sich die Alveolen dem eigenen oder dem Füllungszustand der Nachbaralveole anpassen (ZIEGLER u. MOSIMANN 1960).

Die beobachtete variierende Höhe des sezernierenden Epithels (Abb. 21A) schildert auch SCHMALSTIEG (1956) und führt weiterhin aus, daß diese Erscheinung im selben Viertel auftreten kann. Im Gegensatz zu meinen Befunden (Abb. 21A) sollen nach SMOLLIICH (1992) alle Drüsenzellen eines Läppchens in der Regel dem gleichen Funktionsstadium angehören, wobei durch die unterschiedlichen Funktionsphasen der Läppchen insgesamt eine kontinuierliche Sekretionsleistung gewährleistet wird.

KOCH (1956) sowie KEENAN et al. (1970) heben hervor, daß alle aktiven Zellen einer Alveole bezüglich ihrer Sekretion gemäß dem Alles-oder-Nichts-Gesetz synchronisiert sind, daß jedoch auch in einer laktierenden Milchdrüse 10-20 % der Alveolen inaktiv sind und oft unmittelbar an aktive Alveolen angrenzen. Nach REID und CHANDLER (1973) scheinen 10-15 % der Laktozyten inaktiv zu sein und Glykogen zu enthalten. MICHEL (1994) sieht alle funktionierenden Zellen im gleichen Differenzierungsgrad und somit in Beziehung auf die Sekretion miteinander abgestimmt. Es findet bei HEES (1992) und MICHEL (1994) Bestätigung, daß die Sekretbildung nicht in allen Endstücken gleichzeitig geschieht und daß angrenzend an aktive auch inaktive Alveolen vorkommen (Abb. 36A, 36B). Neben anderen Autoren betont SMOLLIICH (1992) die funktionsbezogene Morphokinese der Drüsenzellen, die sich in wechselnden Erscheinungsformen der Zellen und im unterschiedlichen Entfaltungsgrad ihrer Organellen äußert. Die von demselben Autor im Rahmen der Morphokinese geschilderten Veränderungen in den abgeplatteten Drüsenzellen übertreffen an Deutlichkeit die in der Arbeit vorgefundenen (Abb. 19A), da bspw. die Mitochondrien nicht geschwollen sind.

Wie bereits betont, herrschen in der Literatur geteilte Meinungen über die Zusammensetzung des Alveolarepithels, ob nur ein Typ (BOMMELI 1972; MICHEL 1981; MOSIMANN u. KOHLER 1990) oder mehrere Typen von Laktozyten (FELDMANN 1961; REID u. CHANDLER 1973; SINOWATZ et al. 1980; KHURUSTALEVA 1984) die Alveolen bilden. In der vorliegenden Studie ist lediglich ein Zelltyp zu finden (Abb. 19B, 20A, 20B, 21A, 21B), wodurch die Ergebnisse der zuerst genannten Autoren bestätigt werden. In diesem Zusammenhang verweist BOMMELI (1972) auf methodische Verarbeitungsschwierigkeiten des Eutergewebes, so daß unerkannte oder falsch gedeutete Artefakte auftreten, so werden z. B. auch irrtümlicherweise mehrere Alveolarepithelzelltypen unterschieden. Außerdem handelt es sich meines Erachtens bei den von REID und CHANDLER (1973) dargestellten blassen Zellen um Lymphozyten.

BOMMELI (1972) bedauert, daß die Ultrastruktur der Milchdrüse des Rindes bis dato wenig Beachtung fand. Neben anderen Gründen sei ein einheitliches Untersuchungsmaterial praktisch unmöglich zu erhalten. Die in der vorliegenden Arbeit erhobenen Befunde zur Ultrastruktur sekretorisch aktiver Alveolarepithelzellen stehen in genereller Übereinstimmung mit anderen Autoren, insbesondere zum Erscheinungsbild der Zellkerne (SORDILLO u. NICKERSON 1988), dem Besatz mit Zellorganellen (SELYE 1965), der bestehenden Polarität (PITELKA u. HAMAMOTO 1977) oder dem Auftreten von Kaseinmizellen in den zahlreichen apikalen Golgi-Vesikeln (ADAMIKER u. GLAWISCHNIG 1967; PITELKA u. HAMAMOTO 1977; KEENAN u. DYLEWSKI 1985; SORDILLO u. NICKERSON 1988).

Dagegen ist weder die basale Position des Zellkerns bei voll laktierenden Zellen zwingend, wie

bei SORDILLO und NICKERSON (1988) beschrieben, noch konnte ich „Kernfett“ (EHRENBRAND 1962, 1964) beobachten. Ich halte die bei letztgenanntem Autor abgebildeten Strukturen für Artefakte im Zuge von Degenerationsprozessen, da z. B. auch keine Chromatinstruktur im Zellkern mehr erkennbar ist.

Das Zytoplasma beherbergt eine große Anzahl membrangebundener Ribosomen im rER (Abb. 20A, 22), was konform mit der Hypothese geht, daß dieses Merkmal für diejenigen Zellen typisch ist, die große Mengen an Proteinen produzieren und sie aus der Zelle abgeben. In Übereinstimmung u. a. mit REID und CHANDLER (1973) werden die Golgi-Vesikel von einer deutlichen Membran umgeben und enthalten Kaseinmizellen (Abb. 23). Bemerkenswert ist, daß die Polarität der Alveolarepithelzelle (Abb. 20A) bis auf PITELKA und HAMAMOTO (1977) von weiteren Autoren nicht vermerkt wird.

Es bleibt in der Literatur auch unerwähnt, daß die apikale Zellmembran meist relativ glatt ist (Abb. 20A, 22). Der seltene Befund pseudopodienartiger Zytoplasmaausläufer, die in das Lumen der Alveolen hineinragen (Abb. 23), paßt zur Bemerkung von BROOKER (1983), der diese Gebilde als „ungewöhnlich“ für laktierende Milchdrüsen beurteilt. Auch STERBA (1986) und STERBA et al. (1990 b) konstatieren variable pseudopodienartigen Zytoplasmaausläufer in streng umschriebenen Abschnitten, die Milchbestandteile und Bakterien umfließen, allerdings im Zusammenhang mit einer bakteriellen Euterinfektion.

Im Unterschied zu NICKERSON (1989) werden in der vorgestellten Untersuchung keine Zilien auf den Alveolarepithelzellen beobachtet. Der Autor dokumentiert Zilien (im 9+0 Muster der Mikrotubuli) auf der adluminalen Oberfläche der Zellen. Dagegen kommen Mikrovilli als apikale Differenzierung der Zellmembran nahe den Zellgrenzen vor, wie auch von EHRENBRAND (1962), STERBA et al. (1990 b) und MICHEL (1994) angeführt, jedoch weniger zahlreich. KÜHNEL (1985) betont, daß ein dichter Mikrovillibesatz resorptiv tätige Zellen auszeichnet, wie z. B. die Enterozyten im Duodenum.

Die in der vorliegenden Arbeit im apikalen und im paranukleären Bereich geschilderten Mikrotubuli werden als Zellelemente ebenfalls von BOMMELI (1972), NICKERSON et al. (1982) sowie von MICHEL (1994) erwähnt. Sie sollen nach BOMMELI (1972) zum GA, den Mitochondrien und den Pinozytosevesikeln in Beziehung stehen und eine aktive Rolle bei der Sekretion der Milchbestandteile spielen, was NICKERSON et al. (1982) als Hilfe im Rahmen des intrazellulären Transports und der Exozytose von Proteinen sowie Laktose präzisieren. Solche besonderen Lagebeziehungen treten nicht als Befund in der vorliegenden Arbeit auf. Auch konnte keine ausgesprochene Orientierung der Mikrotubuli senkrecht zur apikalen Zellmembran, wie von NICKERSON et al. (1982) konstatiert, registriert werden. In anderen Studien zur laktierenden Milchdrüse (z. B. SORDILLO u. NICKERSON 1988) finden Mikrotubuli indessen keine Erwähnung. Für ihr seltenes Erkennen nennt BOMMELI (1972) als Gründe, daß Mikrotubuli und Filamente sehr feine Strukturen darstellen, die in der laktierenden Drüse von den gut entwickelten Organellen überdeckt werden.

Auch BOMMELI (1972) schildert Mitochondrien, jedoch abweichend von den vorliegenden Ergebnissen (Abb. 25) vom tubulären Typ. Derselbe Autor registriert weiterhin die Anordnung der Mitochondrien nahe der Zellmembran in unmittelbarer Nähe von Desmosomen (Mitochondrien-Desmosomen-Komplex) und schlußfolgert daraus auf ihre Bedeutung beim Transport polyvalenter Ionen, ebenso wie HEINZ (1988). Im Unterschied dazu werden von mir lediglich Mitochondrien von Crista-Typ beobachtet und die diffus verteilt sind (Abb. 24B), jedoch nicht zwingend an der seitlichen Zellmembran liegen. Gründe für die lokale Abweichung können nicht genannt werden. HEINZ (1988) beschreibt z. T. intramitochondriale Granula, die in den vorliegenden Untersuchungen fehlen.

Das basale Faltensystem der Laktozyten ist beim Rind in Übereinstimmung mit EHRENBRAND (1962, 1964), KINURA (1969), BOMMELI (1972), MORALES und PELOZO (1978), MICHEL (1979 a, 1994) sowie MOSIMANN und KOHLER (1990) deutlich ausgebildet (Abb. 26A, 26B). Es beeinflusst laut MORALES und PELOZO (1978) den Ionentransport durch die Vergrößerung der absorptiven Oberfläche und weil es - gemäß MOSIMANN und KOHLER (1990) - als Produktionsstätte für Transportvesikel gilt. Nach Meinung dieser Autoren wird die Einfaltung der Membran durch eine Schicht aus Vesikeln ersetzt, die sich frei im Zytoplasma bewegen und somit einen aktiven Ionen- und Wassertransport ausüben können. Dieser Theorie, der Membranvesikulation der Alveolarepithelzellen, folgen jedoch keine weiteren Autoren, zumal niemand, die vorliegende Studie eingeschlossen, diese Vesikel ausgebildet sah, selbst BOMMELI (1972) nicht, dessen fotografische Abbildung die Existenz der Vesikel belegen soll. Dieser Autor ermittelt auch keine basalen Zellmembranfalten an denjenigen Abschnitten, an denen eine Myoepithelzelle die Alveolarepithelzelle von der Basalmembran trennt (Abb. 21B).

KEENAN und DYLEWSKI (1985) heben die Kopplung der Wege der Proteine und des Fettes im Laktozyten aufgrund eines intrazellulären Membranflusses hervor. Die dargestellten Befunde bestätigen, daß Fettkügelchen von der apikalen Plasmamembran überzogen und somit apokrin abgegeben werden (Abb. 24A), wie EHRENBRAND (1962) als einer der ersten entdeckte. Bisher ist allerdings nicht beschrieben worden, daß Lipidvakuolen in den Zellen überaus massiv vorkommen und den Zellkern deformieren oder verdrängen können (Abb. 27B).

Die eigenen Befunde zu den Myoepithelzellen (Abb. 28A, 28B) gehen konform mit Angaben früherer Untersucher, insbesondere hinsichtlich des Gehalts und der Orientierung fibrillärer Strukturen im Zytoplasma (LANGER u. HUHN 1958; BARGMANN u. KNOOP 1959; BÄSSLER et al. 1967; GUTTE 1973; PULLEY 1973; VON BOMHARD u. KAPPES 1976), der Zellorganellen (LANGER u. HUHN 1958; BARGMANN u. KNOOP 1959; ADAMIKER u. GLAWISCHNIG 1967; RADNOR 1972; PULLEY 1973; KIELWEIN u. SCHLENSTEDT 1993) sowie der Hemidesmosomen (HEINZ 1988), wobei sich die genannten Angaben nicht ausschließlich auf das Rind beziehen.

BOMMELI (1972) verweist auf die Ausbildung eines Maschenwerkes um die Alveolen durch die sternförmigen Verzweigungen der Myoepithelzellen und erklärt damit die verschiedenen Schnittbilder durch diese Fortsätze. GRÜNFELD (1964) widerspricht der sternförmigen Anordnung der Zytoplasmaausläufer beim Rind. Auch beschreiben einige Autoren die Myoepithelzellen als eine geschlossene Lage. Dies steht im gewissen Kontrast zu den aktuellen Befunden, da die Zytoplasmafortsätze der Zellen nur vereinzelt und unregelmäßig angetroffen werden (Abb. 21B). Prinzipiell kann man beim Arrangement der Myoepithelzellen um die Milchdrüsenalveolen gewisse Parallelen zu anderen Organen ziehen. So schieben sich die Myoepithelzellen in gleicher Weise zwischen Basallamina und Drüsenepithel, wie auch bspw. bei den ekkrinen Schweißdrüsen des Menschen (KÖPF-MAIER u. MERKER 1989).

Anders als bei der vorliegenden Untersuchung finden STIRLING und CHANDLER (1976) Zilien auf den Membranflächen der Myoepithelzellen, die zu Laktozyten weisen. Nach NICKERSON (1989) sind zumeist nicht-laktierende Tiere und die ventralen Euterteile betroffen. In ihrer Ultrastruktur (Abb. 28B) gleichen die Zellen glatten Muskelzellen, was bei KÖPF-MAIER und MERKER (1989) Bestätigung findet. EHRENBRAND (1962) äußert die Möglichkeit, daß sich Myoepithelzellen aus ihrem Verband lösen und sich in reguläre glatte Muskelzellen umwandeln könnten, was in der vorgestellten Arbeit nicht bemerkt wird.

Aufgrund der zahlreichen Pinozytosevesikel (Abb. 28B) schließen KÖPF-MAIER und MERKER (1989) auf die Beteiligung der Vesikel am Kalziumstoffwechsel und werten sie als

Zeichen einer lebhaften Endozytoseaktivität, wobei gleichfalls eine Rolle als Kalziumspeicher in Betracht kommt. Diese These wird durch die Ergebnisse von RADNOR (1972) unterstützt, da der Autor mit Einsetzen der Laktation einen Anstieg der Größe und Anzahl sowohl pinozytischer Vesikel als auch von Myofilamenten registriert. Nach EMERMAN und VOGL (1986) vergrößert sich während der Laktation die Myoepithelzelle insgesamt (bei der Maus). Hinzu kommt die Potenz dieser Zellen zur aktiven Gestaltänderung der Basalmembran (LANGER u. HUH 1958), da den Zellen übereinstimmend die Fähigkeit zur Kontraktion zuerkannt wird (u. a. BOMMELI 1972).

Im Widerspruch zu den aktuellen Ergebnissen (Abb. 28A) stehen die Aussagen von LANGER und HUH (1958), wonach Myoepithelzellen untereinander und zur Alveolarepithelzelle durch sehr stark geschlängelte Zellgrenzen große Kontaktflächen unterhalten und viele Vakuolen aufweisen, die „offenbar“ Schleim enthalten. Allerdings beziehen sich die Autoren ausschließlich auf Verhältnisse beim Menschen.

Die gefäßnahe Position von Mastzellen (Abb. 26A) im interstitiellen Bindegewebe entspricht den Ergebnissen einer Reihe von Autoren, u. a. von SENG BUSCH (1979). Während BOMMELI (1972) die ausgesprochene Häufung dieser Zellen lediglich beim laktierenden Euter des Rindes unterstreicht, registriert ABDULSALAM (1993) sie dagegen mehrheitlich im trockenstehenden Euter. Mit Bezug auf das interstitielle Bindegewebe spricht ZIETSCHMANN (1917) davon, daß Lymphgefäße am Euter „gewaltig“ ausgebildet sind, was aufgrund eigener Befunde übertrieben erscheint.

Wie bereits erwähnt, berichten MOSIMANN und KOHLER (1990) als einzige davon, daß während der maximalen Laktation ein einschichtiges sezernierendes Epithel in den kleinen Milchgängen existiert, das durch ein zweischichtiges nicht-sezernierendes Epithel ersetzt wird, wenn die Laktation nachläßt. Dagegen wird in der vorliegenden Arbeit durchgehend ein zweischichtiges Epithel (Abb. 30A, 30B) beobachtet, was mit MICHEL (1981) sowie MICHEL und STERBA (1985) konform geht. Man muß ferner in Betracht ziehen, daß MOSIMANN und KOHLER (1990) die Größe der verschiedenen Milchgänge nicht berücksichtigen.

Nach WEBER (1977) ähneln die Gangepithelzellen in Typ und Aktivität den Laktozyten, und die Vakuolen im distalen Bereich interpretiert man als Zeichen sekretorischer Aktivität. SCHULZ et al. (1992) deuten auf Austauschprozesse zwischen der in den großen Milchgängen und der Zisterne gespeicherten Milch und den Blut- und Lymphgefäßen des umgebenden Bindegewebes hin sowie auf den ständigen Fluß von Wasser und Ionen in den Epithelzellen.

Im Unterschied zu den Auffassungen von MICHEL und STERBA (1985) treten im Zellverband der apikalen Zellen mittelgroßer und großer Milchgänge (Abb. 30B, 31) keine besonderen degenerierten Zellformen mit stark verdichtetem, z. T. vakuolärem Zytoplasma auf, die in das Gang- bzw. Zisternenlumen ragen, sowie mit fingerförmiger Faltung des Plasmalemmas. Hinsichtlich des Zellkerns, der weiteren Ausstattung der Zellen mit Organellen und der Oberflächendifferenzierung der superfiziellen Zellen stimmen die Ergebnisse weitgehend mit denen der Literatur (MICHEL u. STERBA 1985) überein. Allerdings werden bei MICHEL und STERBA (1985), STERBA (1986) sowie MICHEL und SCHULZ (1987) ausdrücklich weder Mikrotubuli noch Filamente als Zellbestandteile genannt. In einer Abbildung von MICHEL und SCHULZ (1987) ist deutlich ein pseudopodienartiger Zytoplasmaausläufer zu erkennen, der aber nicht als solcher deklariert wird.

In der vorliegenden Arbeit kann lediglich eine bescheidene Organellenausstattung der Epithelzellen (Abb. 31) konstatiert werden, wohingegen MICHEL und STERBA (1985) eine reiche

schildern und den Zellen deshalb zwar eine hohe Stoffwechselaktivität bescheinigen, jedoch keine Fähigkeit zur Sekretion zugestehen. Dagegen meinen MOSIMANN und KOHLER (1990), daß bei maximaler Laktation das Milchgangepithel im Prinzip gleich gebaut ist wie das der Alveolen und sich somit an der Milchsekretion beteiligen „kann“.

Die ultrastrukturellen Befunde zu den Basalzellen, z. B. zu deren Hemidesmosomen und den weiten Interzellularräumen (Abb. 30B), decken sich mit denen anderer Autoren (KOCKS 1977; STERBA 1982; MICHEL u. STERBA 1985). MOSIMANN und KOHLER (1990) sprechen ebenfalls von Desmosomen, die die apikalen von den basalen Zellen gegeneinander abschließen. Die Autoren begründen damit, daß während eines Milchstaus keine Milchbestandteile ins Bindegewebe austreten.

Im Unterschied zu MICHEL und STERBA (1985) treten keine mikropinozytotischen Vesikel, lateralen Membraneinfaltungen (Interdigitationen) oder Zellkerne auf, die den größten Raum der Zellen einnehmen. Neben der Befähigung zum Ersatz apikaler Zellen, die auf natürlicher Weise abschilfern (STERBA 1982), heben MICHEL und STERBA (1985) die Bedeutung des Epithels der großen Milchgänge und der Zisterne als Teil des lokalen Abwehrsystems der Milchdrüse heraus, wofür auch die intraepithelialen Plasmazellen sprechen, die NICKERSON et al. (1984) identifizierten. MICHEL und STERBA (1985) sowie STERBA (1986) berichten von vereinzelt Fremdzellen, u. a. Lymphozyten bzw. Makrophagen, im Epithel der Milchgänge und des Sinus lactifer, was von uns bestätigt werden kann. Subepitheliale Plasmazellen sind in der vorliegenden Arbeit an gesunden Eutern, im Unterschied zu akuten Mastitiden (STERBA 1986), nicht auffällig.

Während in den eigenen Schnitten keine Myoepithelzellen in der Wand der Milchgänge vorgefunden werden (Abb. 30A, 30B), kommen einige Autoren zu anderen Ergebnissen. So schildern MOSIMANN und KOHLER (1990) sowie HELLMEN und ISAKSSON (1997) besonders zahlreiche, eine zusammenhängende Schicht bildende Myoepithelzellen, die aber nicht von jedem Autor (z. B. MICHEL 1979 b) angetroffen werden. MURAD und VON HAAM (1968) sowie FINDLAY und GROSVENOR (1969) äußern beim Menschen zu den Myoepithelzellen, daß sie die Milchgänge in einer geschlossenen Lage umgeben, längs unter dem Epithel angeordnet sind und so die Gänge weiten oder verkleinern können. Desmosomen zwischen Epithel- und Myoepithelzellen finden ebenfalls Erwähnung. Bei der Maus sprechen EMERMAN und VOGL (1986) von spindelförmigen Myoepithelzellen parallel zur Längsachse des Ganges, und PULLEY (1973) beschreibt (beim Hund) eine kontinuierliche Lage aus Myoepithelzellen um die Milchgänge im Gegensatz zu den kleinen Ductuli.

Das Spektrum der Bausteine der Blut-Euter-Schranke (Endothel der Blutkapillare, intralobuläres Bindegewebe, Epithel der Teile des Hohlraumsystems) erweitern BOMMELI (1972) und LINZELL (1972) um Zellwandmembranen, Zellverbindungen und intrazelluläre Membranen (GA, Mitochondrien, rER). Die Ansicht von MOSIMANN und KOHLER (1990) ist einleuchtend, daß neben dem seitlichen Haftkomplex auch das basale Faltensystem am selektiven Ionentransport beteiligt ist. Meines Erachtens beziehen SCHULZ et al. (1992) völlig berechtigt neben dem Bindegewebe auch das Lymphsystem in ihre Betrachtungen mit ein. MICHEL (1994) bezeichnet die Strecke von den Blutkapillaren, die unmittelbar um die Alveolen angeordnet sind, bis zum Eutersekret als Blut-Milch-Schranke und grenzt sie begrifflich von einer Milch-Euter-gewebe-Blut-Schranke ab, die die Blutgefäße des Interstitiums zum Ausgangspunkt hat und bei der die Interaktionen des Bindegewebes mit berücksichtigt werden.

Die Annahme, daß es unter bestimmten Bedingungen zur „Auflockerung“ der Schranke kommt (SISSOKO 1983; HARNISCH 1993; SCHULZ et al. 1998), kann unseres Erachtens nicht allein mit dem Wegfall von tight junctions erklärt werden.

Die Diskussion zum Endothel der Blutkapillaren und zu den Corpora amylacea aller untersuchten Tierarten erfolgt am Ende des Abschnittes.

In das Sekret der laktierenden Kuh gelangen als Milchzellen neben neutrophilen Granulozyten, Lymphozyten und Makrophagen auch herausgelöste Drüsenepithelzellen. Darin besteht Übereinstimmung mit Literaturangaben (WAHBY u. NASR 1957; LEE et al. 1980; MIELKE 1980; HARMON u. HEALD 1982; HEINZ 1988; MILLER et al. 1991; MIELKE 1994; BURVENICH et al. 1996). Setzt man voraus, daß die genannten Zellen mit Ausnahme der abgelösten Drüsenzellen das Epithel als Fremdzellen passieren müssen, wie für neutrophile Granulozyten, Lymphozyten (Abb. 29A, 34A) und Makrophagen (Abb. 29B) dargestellt, ergeben sich einige Fragen. So beobachten CAMPBELL et al. (1950) und DIXON et al. (1961) intraepitheliale Plasmazellen, die in der Literatur nicht als Milchzellen genannt und auch in der vorliegenden Arbeit nicht registriert werden konnten. Weiterhin bezeichnen HARMON und HEALD (1982) den Mechanismus als unklar, wie neutrophile Granulozyten durch die tight junctions der Alveolarepithelzellen gelangen sollen. Nach WOODING et al. (1977) bleibt ebenfalls ungeklärt, ob Makrophagen auf intra- oder interzellulärem Wege in das Alveolenlumen aufsteigen.

KLIMA (1973) und MILLER et al. (1991) berichten von in kleinen Gruppen liegenden Epithelzellen im Sekret, wobei ich jedoch die bei letztgenannten Autoren abgebildeten Zellen mit zahlreichen Mikrovilli und Vakuolen, welche elektronendichtes Material beherbergen, für Makrophagen halte. Auch treten losgelöste Laktozyten nur einzeln auf (Abb. 34A, 35A), entsprechend den Beobachtungen von LEE et al. (1980). Nach FRANK (1981) werden überalterte oder mechanisch gelockerte Zellen abgestoßen. Die Mehrheit der epithelialen Zellen stammt laut elektronenmikroskopischer Untersuchungen von PAAPE und MILLER (1988) vom Epithel der Milchgänge. SCHULZE-PETZOLD (1960), HAUKE (1961) und SCHÖNHERR (1965) konstatieren als Epithelzellen vorwiegend kernlose Hornzellen (Bälge) des Plattenepithels aus dem Ductus papillaris.

In Übereinstimmung mit LEE et al. (1980), aber im Gegensatz zu WOODING et al. (1977), kommen weder „sonnenförmigen“ (sunburst) Zellfragmente (Partikel mit vielen fingerartigen Protrusionen auf einer Seite) noch zytoplasmatische Körperchen auf der Oberfläche von Alveolarepithelzellen als Überbleibsel toter Zellen vor. Auch WAHBY und NASR (1957), TOLLE (1979) sowie BROOKER (1983) erwähnen Zellfragmente in der Milch.

MIELKE (1994) stellt generell heraus, daß der Barrierendurchtritt von Zellen im gesunden Euter Ausdruck stetiger Abwehrprozesse ist und daß es nur relativ wenige neutrophile Granulozyten betrifft. Dagegen meinen STERBA et al. (1990 b), daß diese Zellen das histologische Bild beherrschen würden und z. T. noch über feine Pseudopodien nach ihrem Übertritt ins Lumen mit der Epitheloberfläche verbunden bleiben, jedoch haben die Autoren das Verhalten neutrophiler Granulozyten bei einer experimentellen *E. coli*-Infektion studiert. Weiterführend vergleichen PAAPE und WERGIN (1977) auf elektronenmikroskopischer Ebene die neutrophilen Granulozyten im Blut mit denen in der Milch.

Speziell auf Makrophagen gehen LEE et al. (1969, 1980), WOODING (1977), JENSEN und EBERHART (1975, 1981), MIELKE und KOBLENZ (1981), AZZARA und DIMICK (1985) sowie CONCHA et al. (1986) näher ein. Die zytologischen Beschreibungen von JENSEN und EBERHART (1975), MIELKE (1980) und MILLER et al. (1991) entsprechen den vorliegenden Untersuchungen (Abb. 34A, 34B, 34C). Nach WOODING (1977) stammen die Makrophagen aus dem Epithel der Alveolen und der Milchgänge. Nach STERBA et al. (1990 b) wandern sie durch den Interzellularraum und bilden dabei bizarre Formen. Übereinstimmend wird von der Fähigkeit dieser Zellen berichtet, große Mengen an MilCHFett zu phagozytieren und damit zu sog. Schaumzellen zu werden (LEE et al. 1969; JENSEN u. EBERHART 1975; AZZARA u.

DIMICK 1985). Nach ihren Untersuchungen verweisen JENSEN und EBERHART (1975) darauf, daß Makrophagen wegen eben dieser Eigenschaft in Milchausstrichen gewöhnlich als Alveolarepithelzellen angesehen werden. Diese Verwechslung ist meines Erachtens nachvollziehbar und trifft wahrscheinlich auch auf die Befunde von VARRIER-JONES (1924) zu. In den vorliegenden Untersuchungen kann nicht beobachtet werden, daß sub- und intraepithelial liegende Makrophagen regelmäßig von einer großen Anzahl lymphoider Zellen umgeben sind (NICKERSON u. PANKEY 1983).

Analog der vorliegenden Ergebnisse gilt das intraepitheliale Vorkommen von Lymphozyten ebenfalls als normal, wobei es weniger als neutrophile Granulozyten sind (STERBA 1982; NICKERSON u. PANKEY 1984) und die Zellen auch ins Lumen übertreten (STERBA et al. 1990 b).

Durch die Literatur finden die erhobenen eigenen Befunde zur Involution in Hinsicht auf die Alveolen (SORDILLO u. NICKERSON 1988) sowie zur Ultrastruktur der Alveolarepithelzellen (FELDMANN 1961; NICKERSON et al. 1982; HOLST et al. 1987; SORDILLO u. NICKERSON 1988) und zum interalveolären Bindegewebe (DAGLIOGLU 1986; HOLST et al. 1987; SORDILLO u. NICKERSON 1988) Bestätigung. Während SORDILLO und NICKERSON (1988) im Zytoplasma die gleiche Situation der Organellen antreffen, beschreiben HOLST et al. (1987) keinen GA, jedoch das Persistieren des rER. HEINZ (1988) und HURLEY (1989) sehen neben hellen auch stellenweise dunkle Alveolarepithelzellen mit elektronendichtem Zytoplasma, wobei die dunklen Zellen nach Auffassung von HEINZ und MICHEL (1991) auf Regenerationsvorgänge hindeuten. Zudem besteht nach HEINZ (1988) das basale Faltsystem auch in der Involution fort, was nicht den Untersuchungsergebnissen (Abb. 37A, 37B) entspricht.

Als eine Hauptveränderung in dieser Phase bezeichnet HURLEY (1989) das Auftreten der ebenfalls in der vorliegenden Studie gesehenen großen Vakuolen (Abb. 36B), deren Größe sich nach Erkenntnissen von HOLST et al. (1987) ab dem 30. Tag reduziert.

Im Unterschied zu meiner Arbeit registrieren HEINZ und MICHEL (1991) lysosomale Strukturen im apikalen Zellbereich. Auch SEKHRI et al. (1967) vermuten, daß Alveolarepithelzellen während der Involution Milchbestandteile verdauen. Die Aussagen zu den Mikrotubuli bezüglich ihrer Anzahl und Orientierung decken sich mit denen von NICKERSON et al. (1982) sowie HURLEY (1989).

Für ein exzessives Ablösen der Alveolarepithelzellen von der Basalmembran, was nach HEINZ und MICHEL (1991) relativ selten geschieht, finden HOLST et al. (1987) überhaupt keinen und HURLEY (1989) nur geringe Beweise. Ich schließe mich der Beobachtung von HURLEY (1989) an, wobei das Loslösen an sich nicht bestritten wird, z. B. auch nicht von HEINZ und MICHEL (1991).

Während der Involution wird von Makrophagen im basalen Epithelbereich (HEINZ u. MICHEL 1991), intraepithelialen Plasmazellen (LASCELLES 1979; HEINZ 1988; NICKERSON 1988) sowie vielkernigen Riesenzellen im Bindegewebe (SORDILLO u. NICKERSON 1988) berichtet. Die beiden letztgenannten Zellarten werden jedoch in den Untersuchungen zum Rind nicht angetroffen. Auch kommt es zu keiner starken Infiltration mit Makrophagen, die HEINZ und MICHEL (1991) sowie MICHEL und HEINZ (1991) schildern.

An dieser Stelle sei für die weiteren Ausführungen im Rahmen der Diskussion angemerkt, daß Angaben zur mikroskopischen Anatomie der Milchdrüse von Pferd, Schaf und Ziege bisher in nur sehr begrenztem Umfang vorliegen.

Drüsigewebe des Pferdes

Die vorgefundenen verhältnismäßig runden Alveolenanschnitte bei der laktierenden equinen Milchdrüse (Abb. 68A) sind nach KRSTIC (1994 b) beim Menschen nicht in dem Maße vorhanden. Dort sind sie eher unregelmäßig geformt und buchten sich nach außen vor. Das interalveoläre Bindegewebe enthält die (auch für das Rind) typischen Strukturen und läßt ebenso periphere markhaltige Nervenfasern vermissen (Abb. 68B).

Bemerkenswert ist, daß die Zellgestalt der Alveolarepithelzellen innerhalb einer Alveole starken Schwankungen unterliegt, so daß häufig die Zellen kuppelförmige Protrusionen besitzen (Abb. 68B). ZIETSCHMANN (1917) beobachtet lichtmikroskopisch beim Pferd vergleichsweise deutlich niedrigere sezernierende Laktozyten mit „weniger bläulichem Zytoplasma als beim Rind“, was die vorgestellten Untersuchungen bestätigen.

In der Fachliteratur liegen keine spezifischen Informationen zur Ultrastruktur equiner Alveolarepithelzellen vor. Sowohl ihr Zellkern mit gelegentlich netzartigem Nukleolus (Abb. 69A, 79) als auch die Chromatinstruktur (Abb. 69A, 69B) zeugen im laktierenden Drüsigewebe von aktiven Syntheseprozessen.

Das lokale Einsenken der apikalen Zellmembran (Abb. 71) könnte die Freisetzung der Kaseingranula begünstigen, da sie an dieser Stelle (Abb. 69B), wie in der Arbeit dargelegt, bevorzugt vorkommen. Andererseits erinnert die Abbildung 69A an den zweiten von KEENAN und DYLEWSKI (1985) geschilderten Weg, wie sekretorische Vesikel mit der Zellmembran reagieren können, indem mehrere Vesikel zunächst eine Kette bilden und später verschmelzen.

Ferner ist auffällig, daß kaum eine Zellpolarität in Bezug auf die Ausstattung mit Zellorganellen bei dieser Tierart zu registrieren ist (Abb. 69A). Wie berichtet, treten die Mitochondrien teilweise in Gruppen auf. Sie befinden sich zwar in der Nähe (Abb. 70), nicht aber direkt in den Falten des basalen Labyrinths (Abb. 71), wie es für ionentransportierende Zellen als charakteristisch geschildert wird.

Für die Milchdrüse in der Kolostralmilchperiode (Abb. 72A) bestehen in der Literatur keine Vergleichsmöglichkeiten oder existieren bildliche Dokumente. Es überrascht der hohe Grad des Struktur- und Formwandels der Alveolarepithelzellen im Rahmen der Sekretionsprozesse und der Befund, zwei unterschiedlichen Formen von Laktozyten zu begegnen, die zudem unmittelbar nebeneinander in den Alveolen auftreten (Abb. 72B). Die zweite Form von Laktozyten, inaktive dunkle Zellen (Abb. 72B, 73), ähneln Strukturen, die sich in Degeneration befinden. Dagegen spricht jedoch, daß das Sekret kaum Zellen oder Zellfragmente birgt (Abb. 72B, 73) und keine lysosomalen Strukturen oder besonders zahlreich phagozytierende Zellarten vorkommen (Abb. 80). GHADIALLY (1993 d) spricht beim Menschen vom Dunkelzell-Hellzell Phänomen, das oft sowohl in Semi- als auch in Ultradünnschnitten auftritt und normale oder pathologische Gewebe betrifft. Der Autor resümiert, keine Beweise vorzufinden, daß die dunklen Zellen tot sind oder im Absterben begriffen.

Ausdrücklich sei noch einmal die mögliche Größe der elektronendichten Proteingranula betont, die fast die Hälfte der Zellhöhe betragen kann (Abb. 73) und dergestalt bisher unerwähnt ist. DOUGLAS DAVIES (1974) vermutet, daß die Mehrzahl der Kolostrumzellen beim Menschen Makrophagen sind, die von periduktalen mononukleären Infiltraten stammen.

Die räumliche Anordnung der Alveolen in Form eines Kleeblattes im involutierenden Euter ist eine besondere (Abb. 75A) und weicht von der des Rindes (Abb. 19A) ab. Auf diese Weise erreicht der zugehörige Ductus alveolaris eine beachtliche Vielzahl von Endstücken. In der Literatur wird bislang lediglich das Rind in diesem Zusammenhang analysiert.

Als tierartliche Besonderheit ist die beschriebene hohe Dichte an Lymphgefäßen mit zahlreichen Klappen im interlobulären (Abb. 74A) und -alveolären Interstitium (Abb. 75B) zu werten, was auch für die Euterhaut gilt.

Die Involution bei der Stute wurde bisher noch nicht untersucht. Es herrscht Übereinstimmung zwischen den diesbezüglichen Ergebnissen der vorliegenden Arbeit (Abb. 74A, 75B, 76, 77B) und licht- und elektronenmikroskopischen Erkenntnisse anderer Untersucher zur Involution. Jedoch beziehen sich nahezu alle Autoren auf das Rind.

Die Ausbildung eines basalen Labyrinths in den Drüsenzellen erfolgt offenbar in Abhängigkeit von der Laktationsphase. Daraus kann man schließen, daß diese Differenzierung der basalen Zellmembran temporär ist und speziell zur Realisierung erhöhter Transport- und Austauschprozesse ausgebildet wird. Auch STEVENS und LOWE (1997 a) sehen Einfaltungen am basalen Zellpol als Hinweis auf Ionentransportvorgänge an der Zellmembran. Das morphologische Erscheinungsbild der basalen Faltung bei aktiven Laktozyten ist mit der des Rindes vergleichbar. Unterschiede bestehen dennoch, da die Membranfalten beim Pferd auch parallel der Basalmembran liegen, auf längerer Strecke verlaufen und sich auf die laterale Zellmembran in Form von Verzahnungen ausdehnen (Abb. 70, 79, 82). Permanent existieren dagegen die lateralen Haftstrukturen (Abb. 76).

Beim Menschen werden kristalline Einschlüsse eiweißartiger Natur im Zellkern, in Mitochondrien (STEVENS u. LOWE 1997 a; GHADIALLY 1993 b), im rER oder in der zytoplasmatischen Matrix (GHADIALLY 1993 e) erwähnt. Der optische Vergleich mit den großen hexagonalen Kristallen (REINKE-Kristalle) in LEYDIG-Zellen bei BUCHER und WARTENBERG (1997 a) ergibt keine morphologische Ähnlichkeit mit unseren Befunden (Abb. 77A, 77B), jedoch bei GHADIALLY (1993 b), so daß man davon ausgehen kann, daß die erwähnte vesikelartige Umhüllung jeweils ein Mitochondrium ist.

Von einem Vorkommen in der Milchdrüse wird bis auf Studien von NICKERSON et al. (1984) sowie TSENG und SAFA (1983) nicht berichtet. Bei letztgenannter Studie handelt es sich jedoch um Untersuchungen an kultivierten humanen Tumorzellen, die in Lysosomen inkorporiert werden. NICKERSON et al. (1984) beschreiben beim Rind in der FÜRSTENBERG-Rosette subepitheliale Plasmazellen, deren rER-Zisternen dilatiert sind und Immunglobuline enthalten. Gelegentlich kondensieren diese Immunglobuline zu RUSSEL-Körperchen oder Kristallen. Leider ist ein optischer Vergleich mit den Kristallen der vorliegenden Arbeit nicht möglich, da die Autoren auf eine fotografische Darstellung verzichteten. Große Ähnlichkeit besteht zu den Sekretkörnchen der B-Zellen in menschlichen LANGERHANS-Inseln des Pankreas (GENESER 1990 b). Die Körnchen variieren in ihrer Größe, tragen eine Membranhülle und enthalten in ihrem hellen Innenraum Kristalle wechselnder Form.

Die Bedeutung der Kristalle bleibt nach GHADIALLY (1993 e) bis dato unerkannt. Bisher ist auch nicht bekannt, daß zwei Kristalle in einem zugrunde gegangenen Mitochondrium liegen können (Abb. 77A, 77B).

Hinsichtlich des massiven Vorkommens des Pigments Ceroid im Milchdrüsigewebe (Abb. 74B, 74C, 75B, 77A, 78A, 78B, 78C, 84A) aber auch im Epithel des Sinus lactifer (Abb. 93, 95, 96, 99B) wird bislang in der Literatur nichts berichtet. Im Zusammenhang mit der Milchdrüse beschreibt lediglich VON SANDERSLEBEN et al. (1989) ceroidhaltige Makrophagen bei einem Mammaschichtumor einer 17 Jahre alten Hündin. Mit ca. 5 Jahren ist die Stute zudem nicht das älteste untersuchte Tier. Analog der Nervenzellen müßte die lysosomale Speicherung des sudanophilen Substrats zur Zellatrophie führen. Das Vorkommen der inhomogenen unterschiedlich

elektronendichten Ablagerungen ist an die nicht-sezernierende Laktationsperiode gebunden.

Speziell zu equinen Myoepithelzellen in der Milchdrüse äußert sich lediglich ZIETSCHMANN (1917) und gibt an, daß die Form der Zellen vergleichsweise spindelförmiger und langgestreckter als beim Rind ist. Das unterstreichen die vorliegenden Untersuchungen (Abb. 68B, 75A, 75B). Auch bei der Ratte registrieren NAGATO et al. (1980) in etwa die gleiche Anzahl Myoepithelzellen pro Endstück. Als Abweichung zur bovinen Milchdrüse kommen weniger Mikropinozytosebläschen und längere Hemidesmosomen vor (Abb. 78C, 79). Im Zusammenhang mit involutionsprozeßhaften Prozessen (Abb. 76) wurden diese Zellen noch nicht untersucht.

Im Vergleich zum Rind passieren einerseits insgesamt weniger intraepitheliale Fremdzellen (Abb. 76, 80) den Epithelverband der Alveolarepithelzellen und andererseits sind seltener Makrophagen (Abb. 79) vertreten.

Die Menge apikaler Zytoplasmateile, die zusammen mit einem Fetttropfen apokrin abgeschnürt wird (Abb. 83A, 83B), erscheint beachtlich groß. Es ist zudem erstaunlich, daß die Zytoplasmateile nicht sofort degenerieren und daß die Zellorganellen deutlich darstellbar sind. Außerdem muß das massive Abschliffen kondensierter Laktozyten betont werden (Abb. 69A).

Das Epithel der Ductuli lactiferi (Abb. 85) gleicht dem des Rindes. Da die Epithelzellen ultrastrukturell den Alveolarepithelzellen entsprechen, kann man von einer sekretorischen Leistung ausgehen. Hervorzuheben sind die stummelförmigen kleinen Mikrovilli der luminalen Zelloberfläche. Tiefer liegen eine oder mehrere Lagen schlanker Zellen mit kleinen Zellkernen. Ursache und funktionelle Relevanz der erweiterten Zwischenzellräume sind schwer zu deuten.

Drüsenewebe des Schafes

Aufgrund der geringen Anzahl von Untersuchungen an der Milchdrüse des Schafes bestehen lediglich zu wenigen Ergebnissen Vergleichsmöglichkeiten.

Die vorliegenden Befunde bestätigen die Beobachtung von GAYE et al. (1973), daß die laktierende ovine Alveolarepithelzelle auffällig viele Polyribosomen enthält (Abb. 112, 119).

Zahlreiche Fetttropfen in den Laktozyten (Abb. 120A) schildert bereits DAGLIOGLU (1986). Dieser Autor berichtet jedoch nicht von den z. T. großen Ausmaßen der Tropfen oder davon, daß sie die Zellkerne in ihrer Form beeinflussen (Abb. 111A, 122). Die in Abbildung 114 dargestellte Situation, daß sich ein basaler Lipidtropfen in eine apikal liegende Vakuole ergießt, kann nicht regelmäßig nachgewiesen werden.

MORGAN und WOODING (1982) schätzen den Spaltraum der apikalen tight junctions als eng ein (Abb. 111B, 113). Rückschlüsse auf Veränderungen des Interzellularraumes während der Trächtigkeit können anhand der eigenen Untersuchungen nicht gezogen werden. Die lateral ausgeprägten Interdigitationen des Plasmalemmas sind bei Rind und Pferd nicht entwickelt. Auch kommen beim Schaf vergleichsweise nur wenige und gering ausgebildete Mikrovilli (Abb. 113) vor. Analog dem Pferd senkt sich die luminal Zellmembran teilweise zwischen zwei angrenzende Alveolarepithelzellen ein (Abb. 113).

Zu den tierartlichen Besonderheiten zählt, daß die Laktozyten zwar kein Labyrinth jedoch teilweise mikrovilliartige Protrusionen an der basalen Zellmembran ausbilden (Abb. 115). Im optischen Vergleich drängt sich die Ähnlichkeit mit den Mikrovilli bei Hepatozyten auf, die in den Disse-Raum ragen (BUCHER u. WARTENBERG 1997 c). Dagegen sprechen WOODING et al.

(1977) von der Einfaltung der basalen Zellmembran. Auffällig sind weiterhin die unregelmäßig auftretenden kleinen intrazellulären Residualkörperchen (Abb. 117B).

AKERS und THOMPSON (1987), TATARCZUCH et al. (1997) sowie COLITTI et al. (1999) gehen in ihren Untersuchungen auf die involutierende Periode ein. Die beiden erstgenannten Autoren zweifeln berechtigt, ob nicht-sekretorische Laktozyten die Fähigkeit zur Sekretion wiedererlangen können. In Übereinstimmung mit der vorliegenden Arbeit betonen TATARCZUCH et al. (1997), daß der bindegewebige Flächenanteil gegenüber dem laktierenden Drüsenewebe deutlich ansteigt und sich die Alveolarlumina merklich reduzieren (Abb. 117A). Diese Autoren sehen weiterhin in der Apoptose den Hauptmechanismus der Involution. Dagegen ergeben die eigenen Untersuchungen nur selten, daß Alveolarepithelzellen der Apoptose unterliegen (Abb. 117B, 123A). Wir schließen uns der Aussage von TATARCZUCH et al. (1997) an, daß nur gelegentlich verschiedene apoptotische Körperchen in den im allgemeinen stark vakuolisierten Zellen auftauchen. Diese Beobachtung deckt sich mit der Schlußfolgerung von COLITTI et al. (1999), daß die Involution der Milchdrüse des Schafes auch den Zelltod durch Apoptose einschließt. Die Autoren identifizieren eine Rückbildung des Milchdrüsenepithels zuerst zwei Tage nach dem Ende der Laktation. Anders als bei den Autoren TATARCZUCH et al. (1997) werden intrazellulär keine Stauungsvakuolen oder Zellkernfragmente beobachtet.

Von hellen und dunklen Alveolarepithelzellen (Abb. 118A, 118B), die unterschiedliche Rückbildungsstadien verkörpern, ist aus der Literatur bis auf u. a. von GHADIALLY (1993 d) aufgegriffene und bereits beim Pferd angeführte Dunkelzell-Hellzell Phänomen nichts bekannt. Lediglich COLITTI et al. (1999) bilden Laktozyten mit kondensiertem Zytoplasma am vierten Tag post lactationem ab.

Der vorliegende Befund, daß in den Myoepithelzellen teilweise dunkle apoptotische Körperchen (Abb. 119) vorkommen, wird z. B. von TATARCZUCH et al. (1997) in der Periode der Involution nicht herausgestellt. Diese Autoren verweisen lediglich auf leichte Schrumpfungsprozesse.

Im basalen Abschnitt des Epithelverbandes der Drüsenzellen finden sich die auch für andere Tierarten typischen intraepithelialen Fremdzellen (Abb. 120A, 120B, 125B), die im weiteren ins Lumen penetrieren. Nach AKERS und THOMPSON (1987) existieren mehrere Mechanismen, die speziell die Penetration von Leukozyten ins Epithel regulieren und kontrollieren. Auch intraepitheliale Makrophagen sind zu registrieren (Abb. 120B). TATARCZUCH et al. (1997) zeigen einen Makrophagen, der einen Laktozyten phagozytiert hat.

Fragestellungen zu den somatischen Zellzahlen greifen eine Reihe von Autoren auf (z. B. SCHOLZ 1959; LEE et al. 1969; GONZALO u. GAUDIOSO 1985; AKERS u. THOMPSON 1987; REGI et al. 1991; BAUMGARTNER et al. 1992; GONZALO et al. 1994; GONZALEZ-RODRIGUEZ et al. 1995; SÜß et al. 1999), ohne jedoch näher auf zytologische Unterscheidungsmerkmale einzugehen. LEE und OUTERRIDGE (1981) studierten die Zellen im Kolostrum, in der Milch und im Sekret während der Involution. Ihrer Meinung nach dominieren Makrophagen in der normalen Milch und neutrophile Granulozyten im Sekret der Involution, was durch meinen subjektiven Eindruck aus den vorliegenden Arbeit bestätigt werden kann. Auch TATARCZUCH et al. (1997) charakterisiert das Ablösen von Alveolarepithelzellen in das Lumen als „nicht exzessiv“. In diesem Zusammenhang sei auf die Erkenntnis von SÜß et al. (1999) verwiesen, daß der somatische Zellgehalt (1,95 Mill. Zellen/ml Milch) einer außerordentlich hohen Variabilität sowohl zwischen verschiedenen Tieren als auch beim einzelnen Tier im Verlauf der Laktation unterliegt.

Übereinstimmend wird von Zytoplasmateilen im Milchsekret (Abb. 123A, 123B) berichtet.

LEE und OUTTERRIDGE (1981) finden neben somatischen Milchzellen auch membranöses extrazelluläres Material und „sunburst“ Fragmente. Die Autoren vertreten die Ansicht, daß die Fragmente Alveolarepithelzellen entstammen und von Makrophagen bzw. neutrophilen Granulozyten phagozytiert werden. Nach BROOKER (1980) gibt es diese Zellfragmente auch in der menschlichen Milch, wo sie ebenfalls von den sekretorischen Zellen herrühren und viel rER, Fetttropfen sowie Golgi-Vesikel umfassen. Ergänzend dazu finden TATARCZUCH et al. (1997) zudem apoptotische Körperchen im Sekret.

LEE et al. (1969) beschreiben „Schwammzellen“ in der Milch des Schafes und Rindes, die stark vakuolierte Makrophagen darstellen. Diese Zellen werden in den vorliegenden Untersuchungen ebenfalls angetroffen, jedoch in weniger vakuolisiertem Zustand. Nach LEE et al. (1969) phagozytieren die Makrophagen Fett und entfernen es damit aus der involutierenden Milchdrüse. TATARCZUCH et al. (1997) schildern hoch vakuolierte Makrophagen im Lumen von Milchgängen, die von uns jedoch nicht beobachtet werden.

Die eigenen Befunde zum Milchgangepithel bestätigen im wesentlichen die Ergebnisse von BROOKER (1984). Im Unterschied zu genanntem Autor kann jedoch nicht zwischen einer sekretorischen und inaktiven Zellpopulation unterschieden werden. Ausdrücklich verweist BROOKER (1984) auf die im Sinusepithel vorkommenden Lymphozyten. Das gilt auch für die eigenen Untersuchungen. Nach Meinung des Autors ist die Bedeutung der Zellen bislang nicht geklärt. Ausdrücklich für das Schaf hebt er hervor, daß das Epithel des Milchsinus zusammen mit dem der großen Milchgänge die Blut-Milch-Barriere bildet. Von den auffälligen Interdigitationen sowie weiten Interzellularräumen (Abb. 126) ist nichts bekannt.

Drüsengewebe der Ziege

Die unterschiedlichen Formen der Zellkerne (Abb. 153A, 154A) sowie das Vorkommen von Kernkörperchen (Abb. 151C) finden in den Ergebnissen von AUGSBURGER (1985) Bestätigung. Derselbe Autor beschreibt ebenfalls verschiedene große Mikrovilli und eine Verbindung der Zellen durch Schlußleisten (Abb. 153A). Bei Studien an der Blut-Euter-Schranke finden STELWAGEN et al. (1994) heraus, daß die tight junctions nach 21 h Zwischenmelkzeit zerreißen. NEVILLE und PEAKER (1981) betonen auch für die Ziege, daß tight junctions eine semipermeable Barriere zwischen benachbarten Alveolarepithelzellen darstellen und das Durchsickern von Blut-Serum-Komponenten in die Milch oder von Milchkomponenten ins Blut verhindern.

Der Befund von AUGSBURGER (1985), daß die Mitochondrien (Abb. 162C), wenn auch selten, dem Tubulus-Typ zuzuordnen seien, kann nicht bestätigt werden.

Als einziger erwähnt MARTIN (1906) die von uns beobachteten Protoplasmafortsätze der Alveolarepithelzellen, wobei sich der Autor jedoch auf den Zeitpunkt der Geburt bezieht, diese jedoch in der Involution auftreten (Abb. 161, 162B, 162C). Die Zellkuppen sowie die Fettvakuolen in den Zellen (Abb. 151C) bzw. im Lumen (Abb. 155A, 155C) erwähnen auch GEYER et al. (1986 a, b).

Die ultrastrukturellen Bilder der großen rER-Vesikel (Abb. 153B, 154A, 154B, 156B) stimmen im wesentlichen mit denen von METTLER et al. (1984), AUGSBURGER (1985) sowie MOSIMANN und KOHLER (1990) überein. Dabei untersuchen METTLER et al. (1984) die Milchdrüse vor und nach dem Melken und finden ebenfalls diese Vesikel ausgebildet. Nach AUGSBURGER (1985) sowie MOSIMANN und KOHLER (1990) konfluieren die Zisternen des rER zu Beginn des Sekretionsvorganges „zu auffällig großen Bulbi“, die in das Alveolarlumen

vorraten, platzen und ihren Inhalt direkt entleeren.

METTLER et al. (1984) beschreiben ebenfalls zytoplasmatische Fragmente im Sekret der Alveolen (Abb. 160B), bemerken dabei vorher jedoch keine direkte Fusion der rER-Vesikel mit der Zellmembran (Abb. 153B, 156A, 156B). Die Tatsache, daß das rER feingranuläres Material von mittelgradiger Elektronendichte enthält (Abb. 154B), wird ebenfalls von AUGSBURGER (1985) erwähnt.

Die Feststellung von MOSIMANN und KOHLER (1990), daß der überwiegende Teil der Zellbasis durch die Einfaltung der Zellmembran zu einem Faltensystem umgeformt wird, bestätigen die vorliegenden Untersuchungen (Abb. 154B). MOSIMANN und KOHLER (1990) vermuten in dieser Struktur eine Transporteinrichtung. METTLER et al. (1984) sowie AUGSBURGER (1985) heben hervor, daß eine deutlich sichtbare Basalmembran mit typischer Gliederung auftritt, was meinen Ergebnissen entspricht.

Die Befunde zu den Myoepithelzellen (Abb. 154A, 157A, 157B) stimmen mit denen von METTLER et al. (1984) und AUGSBURGER (1985) überein, die ebenfalls die Position an der basalen Oberfläche der Alveolen beschreiben und ebenso wie in der vorliegenden Studie die Ultrastruktur des Zytoplasmas schildern. Nach METTLER et al. (1984) beeinflußt die Kontraktion der Myoepithelzellen sowohl die Größe der Alveolen als auch die Form der Alveolarepithelzellen.

AUGSBURGER (1985), GEYER et al. (1984, 1986 b) und WILDE et al. (1997) beschäftigen sich mit den Umbauvorgängen im Verlaufe der Involution. Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen AUGSBURGER's (1985) Aussage, daß zwischen Drüsenläppchen, zwischen Endstücken im gleichen Läppchen, sogar zwischen Alveolarepithelzellen einer Alveole erhebliche Unterschiede auftreten können und es deshalb schwierig ist, „die uneinheitlichen Bilder der Ultrastruktur auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen“. Die vorliegenden lichtmikroskopischen Strukturmerkmale (Abb. 159) stimmen im wesentlichen mit denen von GEYER et al. (1984, 1986 b) überein, doch können keine ganz mit Fett ausgefüllten Alveolarzellen beobachtet werden, ebenso eine Infiltration des Drüsengewebes und Interstitiums mit mononukleären Zellen. WILDE et al. (1997) sehen zwar nach dem Trockenstellen die Apoptose als integrierten Teil der Involution bei der Ziege an, jedoch wurden bislang keine apoptotischen Körperchen bei der Ziege dokumentiert. Ihre Struktur (Abb. 155A) unterscheidet sich von denen, die TATARCZUCH et al. (1997) während der Involution beim Schaf darstellen.

Ein relativ häufiges Vorkommen neutrophiler Granulozyten als somatische Zellen im Sekret (Abb. 155C) beobachten auch ROTA et al. (1993), die deren Anstieg zum einem mit dem Fortgang der Laktation und zum anderen auch mit der Anzahl der Laktationen in Zusammenhang bringen. Via Diapedese migrieren diese Zellen aus dem Blut in das Milchdrüsenparenchym, in dem sie ca. ein bis zwei Tage leben und dort die erste immunologische „Verteidigungslinie“ bilden (PAAPE u. CAPUCO 1997). Obwohl sich die Angaben in der Literatur zu den somatischen Zellzahlen teilweise widersprechen und bei der Ziege auch stark schwanken (LERONDELLE et al. 1992), liegt ihre Anzahl in der Ziegenmilch nach SMITH und ROGUINSKY (1977), DULIN et al. (1983), POUTREL und LERONDELLE (1983) sowie SCHULZ (1994) tendenziell höher als in der Kuhmilch. Nach Einschätzung von POUTREL und LERONDELLE (1983) sowie ROTA et al. (1993) erweist sich die Milchzelldifferenzierung auch bei der Ziege als ein guter Index zur Qualitätsbestimmung der Milch und zur Voraussage von Euterinfektionen.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von WOODING et al. (1977) stehen die zellulären Fragmente in der Milch (Abb. 155A, 155B, 156A, 156B). Auch in der vorliegenden Arbeit findet man in der Ziegenmilch keine „sunburst“-Partikel, die WOODING et al. (1977) beim Rind nach wiederholter Oxytozingabe feststellen. Die kleinen Zellfragmente werden bereits von

BROOKER (1980) erwähnt, der ebenfalls aufgrund zytoplasmatischer Fetttropfen und Kaseinmizellen davon ausgeht, daß sie von sekretorischen Alveolarepithelzellen oder aus kleinen Milchgängen stammen. Allerdings können die von dem Autor geschilderten zahlreichen Mikrovilli nicht bestätigt werden.

Konform mit Erkenntnissen von SEELIG und BEER (1972) bei laktierenden Ratten besitzen die intraepithelialen Leukozyten im basalen Teil des Alveolarepithels zwischen angrenzenden Drüsenzellen ihre typische Lokalisation und sind oft mit Pseudopodien ausgestattet, die sich in Richtung des Alveolarlumens orientieren (Abb. 153A). Dagegen kommen keine Lücken zwischen benachbarten Drüsenzellen in den vorliegenden Untersuchungen vor.

Blutkapillaren

Die beim Rind (Abb. 32A), Pferd (Abb. 79, 81), Schaf (Abb. 115, 121A) und Ziege (Abb. 158A, 158B) ins Lumen der Blutkapillaren des interalveolären Bindegewebes ragenden Endothelausstülpungen finden bis auf wenige Ausnahmen (s. u.) in der Fachliteratur keine Erwähnung.

Bezüglich des Rindes könnten die in Rede stehenden Strukturen bei NICKERSON et al. (1982) sowie HEINZ (1988) jeweils undeutlich auf einem Foto erkennbar sein; sie sind jedoch nicht als solche bezeichnet.

Bei den pseudopodienartigen Endotheldifferenzierungen der Kapillaren (Abb. 79, 81) und Venolen (Abb. 82) in der laktierenden equinen Milchdrüse ist bemerkenswert, daß die fingerförmigen Oberflächendifferenzierungen des Endothels häufig den Kapillardurchmesser übertreffen. Teilweise berühren die Fortsätze die Blutzellen (Abb. 79, 81, 82), wodurch funktionelle Konsequenzen wahrscheinlich werden. Im Gegensatz zum Pferd vermißt man bei den anderen untersuchten Tierarten die Ausbildung dieser Endothelstrukturen in den Venolen (Abb. 82).

TATARCZUCH et al. (1997) dokumentieren beim Schaf zwar Kapillaren mit wenigen und relativ kurzen Pseudopodien, die jedoch mit den vorliegenden Ergebnissen (Abb. 115, 121A) kaum vergleichbar sind. Da die Autoren in den Endothelzellen elektronendichte apoptotische Körperchen vorfinden, interpretieren sie die Befunde als eine rückläufige Entwicklung der Kapillaren. Ebenso wie beim Pferd berühren diese Scheinfüßchen vorüberziehende Blutzellen. Weiterhin ist bemerkenswert, daß die fingerförmigen Oberflächendifferenzierungen sich aufknäulen (Abb. 121A). Im Unterschied zu Rind und Pferd kommen im interalveolären Bindegewebe trockenstehender oviner Milchdrüsen zusätzlich Kapillaren vor (Abb. 121B), deren Aufbau dem herkömmlichen kontinuierlichen Kapillartyp entspricht.

KISCH (1957) dokumentiert ähnlich strukturierte Blutkapillaren im menschlichen Herzen. Der Autor beschreibt fadenförmige Endothelzotten als größeren Vorsprung ins Lumen und damit in den Blutstrom reichend. Im Rahmen der Erforschung experimenteller und pathologischer Ödeme im subkutanen Gewebe registriert HAMMERSEN (1980) bei kleinen Venolen zahlreiche zytoplasmatische Ausläufer entlang der luminalen und abluminalen Oberfläche. HEES (1990) schildert Mikrovilli, die besonders über den Vorwölbungen der Zellkerne die freie Membranoberfläche der Endothelzellen besetzen. Schließlich sind bei ROBERTSON und GHADIALLY (1983) kleine Pseudopodien zu sehen, ohne daß sie bezeichnet werden oder die Autoren auf sie eingehen.

Vergleichbare Endotheldifferenzierungen finden sich bei anderen Tierarten. Laut EHRENBRAND (1962) ragen in der laktierenden Milchdrüse des Hamsters Zotten in die Kapillarlichtungen. Mikrovilliartige Fortsätze der luminalen Endotheloberfläche sind bei Ratte (SCOW et al. 1975; ABDUL AWAL et al. 1996) und Maus (MATSUMOTO et al. 1992) beschrieben. In beiden Fällen sind sie jedoch unvergleichlich kürzer und kommen nur einzeln im Grenzbereich zur angrenzenden Endothelzelle vor, was auch bei STEVENS und LOWE (1997 b) zu sehen ist. Eine gewisse Ähnlichkeit besteht des weiteren zu Kapillaren, die im Rahmen der Angiogenese sprossen und bei denen sich das Lumen durch das Weiten des interendothelialen Raumes herausbildet (SPANIEL-BOROWSKI u. MAYERHOFER 1987).

Die Beobachtung, daß die genannten Ausstülpungen überhaupt und ausschließlich bei der laktierenden Drüse auftreten, wird von SCOW et al. (1975) sowie ABDUL AWAL et al. (1996) nach Untersuchungen an der Ratte bestätigt. Die von SCOW et al. (1975) abgebildeten fingerförmigen Endothelfortsätze erreichen weder die Länge noch die Häufigkeit wie in der vorliegenden Untersuchung. Die Autoren ABDUL AWAL et al. (1996) ermitteln im Verlaufe des repro-

duktiven Zyklus ultrastrukturelle Veränderungen an den Endothelzellen, u. a. eine ansteigende Dichte an Pinozytischen Bläschen und eine Verlängerung der mikrovilliartigen Endothelfortsätze im Kontaktbereich zur Nachbarendothelzelle. Sie bringen dies mit den veränderlichen funktionellen und zyklischen Anforderungen der Milchdrüse in Verbindung, was plausibel erscheint.

Über die funktionelle Bedeutung dieser pseudopodienartigen Kapillarstrukturen kann man unseres Erachtens mutmaßen, daß über sie Flüssigkeiten und Partikel aufgenommen werden und daß sie den Stoffdurchtritt begünstigen, indem sie die innere Oberfläche vergrößern. SCOW et al. (1975) werten sie als Hilfe, um Chylomikronen an die Endothelzelle anzulagern, von denen dort Lipoprotein-Lipasen Fettsäuren abspalten. In der vorliegenden Studie sind jedoch keine Chylomikronen zu sehen, die teilweise vom Endothel umhüllt werden. Gestützt auf MATSUMOTO et al. (1992) deuten diese Strukturen weiterhin auf die Möglichkeit hin, daß durch sie die Geschwindigkeit des Blutstroms herabgesetzt wird.

Unbestritten gelten die zahlreichen Pinozytosevesikel als Indiz für einen regen transendothelialen Stoffdurchtritt durch das Kapillarendothel (u. a. EHRENBRAND 1962, 1964; KÖPF-MAIER u. MERKER 1989; SMOLLIICH 1992).

Corpora amylacea

Angaben zu den Corpora amylacea findet man in der Fachliteratur bisher, bis auf wenige Ausnahmen (Ratte: BEEMS et al. 1978; Schaf: TRAVNICEK u. FEDERIC 1994), lediglich in Bezug auf das Rindereuter, wobei die Mehrzahl der Untersuchungen auf ihr Vorkommen sowie auf die Abhängigkeit vom Laktationsstadium reflektiert.

Das topografische Auftreten der Corpora amylacea beim Rind wird durch die Befunde der vorliegenden Arbeit bestätigt. Wie die Mehrzahl der Autoren (u. a. KUIKEN et al. 1956; ARNOLD u. WEBER 1977; SORDILLO u. NICKERSON 1988) schildert, kommen Corpora amylacea hauptsächlich im Lumen der Alveolen vor (Abb. 35A). MARTIN (1906) sowie SORDILLO und NICKERSON (1988) berichten, daß die Körperchen stellenweise die gesamte Alveolenlichtung ausfüllen. Laut M'FADYEAN (1930) und WEBER (1977) befinden sich wie in den eigenen Untersuchungen bis zu zwei Milchsteinchen in einer Alveole (Abb. 35B). Dagegen wird bisher sehr selten (KUIKEN et al. 1956; REID 1972) ebenfalls davon berichtet, daß sich Milchsteinchen auch in den Milchgängen befinden (Abb. 35C).

Im Unterschied zu Literaturangaben (ZIMMERMAN 1909; ARNOLD u. WEBER 1977; NICKERSON et al. 1985) wird in der eigenen Arbeit weder eine intraepitheliale noch eine interalveoläre Position registriert. WEBER (1977) zeigt ein Corpus amylaceum, daß sich je zur Hälfte in der Alveole und im Interstitium befindet, eine Situation, die in den eigenen Untersuchungen nicht beobachtet wird. Mit der Atrophie der Alveolen in der Trockenstehperiode gelangen die Körperchen nach Auffassung von ARNOLD und WEBER (1977) passiv ins Interstitium. DAGLIOGLU (1986) kommt nach entsprechenden Untersuchungen zu der Feststellung, daß die Corpora amylacea beim Rind während der Laktation in den Alveolen, in der Involution jedoch im Milchdrüsenstroma anzutreffen sind; eine Beobachtung, die sich mit den dargelegten Befunden zum Rind nur teilweise deckt, aber nur für das Pferd voll zutrifft (Abb. 84B). Darüber hinaus sehen NICKERSON et al. (1985) bovine Corpora amylacea zu 90 % im Lumen der Alveolen, zu 7 % im Stroma und zu 3 % im Epithel lokalisiert.

Parallelen bestehen zwischen dem Schaf und der Ziege, indem Corpora amylacea sowohl im in-

volutierenden als auch im sezernierenden (Abb. 124) Milchdrüsenparenchym existieren. In der laktierenden Milchdrüse nehmen große einzelne Milchsteinchen eine intraalveoläre Lage ein. Daß sie im ovinen trockenstehenden Drüsengewebe deutlich zahlreicher sind, widerspricht den Literaturangaben zum Rind. Dabei könnte es sich um eine tierartliche Besonderheit des Schafes handeln. Im Unterschied zum Rind treten beim Schaf keine Corpora amylacea in den kleinen oder großen Milchgängen auf. Bisher bleibt unerwähnt, daß man Milchsteinchen als Bestandteil der akzessorischen Milchdrüsenläppchen im Bereich der Zitzenzysterne unter dem Zisternenepithel (Abb. 135) vorfindet, was jedoch nur beim Schaf zutrifft.

Übereinstimmend mit unseren Befunden zu Rind (Abb. 35A, 35B, 35C), Pferd (Abb. 84A, 84B) und Schaf (Abb. 124, 125A, 125B) werden die Corpora amylacea lichtmikroskopisch als verschieden große kugelige konzentrisch geschichtete Kalkkonkremente mit feiner radiärer Streifung und unterschiedlicher Farbaffinität beschrieben (TRAUTMANN u. FIEBIGER 1949; REID 1972; ARNOLD u. WEBER 1977; SCHÜPPEL 1983; NICKERSON et al. 1985; SORDILLO u. NICKERSON 1986; MOSIMANN u. KOHLER 1990). Die genannten Autoren beziehen sich jedoch ausnahmslos auf das Rind. Die vielfältigen von MOSIMANN und KOHLER (1990) betonten Formvariationen finden in der eigenen Arbeit Bestätigung.

Nach SORDILLO und NICKERSON (1986) weisen Corpora amylacea entweder einen hellen (Abb. 35A, 35B) oder einen dunklen „Kern“ auf. Er besteht nach SORDILLO und NICKERSON (1986) aus dichterem Material und dient aufgrund seiner Morphologie vermutlich als Kondensationspunkt bei der Entstehung des Gebildes. MOSIMANN und KOHLER (1990) glauben, daß sich die Körperchen aus eingedickten Sekretkonkrementen zusammensetzen. Anhand elektronenmikroskopischer Untersuchungen berichten REID (1972) sowie NICKERSON (1987) von einer Ultrastruktur aus kleinen Bündeln paralleler amyloider Fibrillen, was Bestätigung findet (Abb. 35B, 35C). NICKERSON et al. (1985) differenzieren weiterführend basophile dichte sowie lamellierte Körperchen (70 %) und 30 % weniger dichte fibrilläre Corpora amylacea.

Die Bedeutung der Milchsteinchen wird allgemein als unbekannt eingeschätzt. SORDILLO und NICKERSON (1986) vermuten einen Zusammenhang mit der Involution. LOKVANCIC et al. (1979) sind sich soweit sicher, daß diese Bildungen den Milchfluß beim Melken erschweren. Speziell beim Schaf sollen die Milchsteinchen durch wiederholtes unvollständiges Ausmelken im Gangsystem entstehen und Traumen des Gewebes verursachen (TRAVNICEK u. FEDERIC 1994). Aus dem gehäuftem Vorkommen der Körperchen in der nicht laktierenden Milchdrüse und der Tatsache, daß nur wenige während der Laktation anzutreffen sind, ergibt sich die Notwendigkeit, daß die vorhandenen Milchsteinchen vor dem Einsetzen einer erneuten Sekretion abgebaut werden. Dies geschieht vermutlich im interlobulären Bindegewebe, da die Corpora amylacea dorthin verlagert werden. Nach Auffassung von SORDILLO und NICKERSON (1986, 1988) sowie NICKERSON und SORDILLO (1987) suggerieren Makrophagen und vielkernige Riesenzellen die Phagozytose des amyloiden Materials während der Involution, obwohl ich zweifle, ob es sich in den gezeigten Abbildungen um vielkernige Riesenzellen handelt.

Im Organismus existieren außerdem noch ähnliche Gebilde. Die Epiphyse enthält bspw. beim erwachsenen Menschen geschichtet aufgebaute Kalkkonkremente (DOSKOCIL 1984; WHEATHER et al. 1987 b; GENESER 1987, 1990 c; ROSS et al. 1995 b), die als Hirnsand oder ebenfalls als Corpora amylacea bezeichnet werden. Nach WHEATHER et al. (1987 b) bestehen sie aus Kalzium- und Magnesiumphosphat. Weiterhin zeigt GENESER (1990 c) Prostatasteinchen, die ebenfalls einen geschichteten Aufbau aufweisen.

Zitze des Rindes

Die in den eigenen Untersuchungen getroffene Untergliederung der Zitzenwand in die äußere Haut, eine bindegewebig-muskuläre Mittelschicht (Abb. 38) und in das Epithel der Zisterne bzw. des Zitzenkanals findet sich, manchmal in leicht abgewandelter Weise (u. a. MOSIMANN u. KOHLER 1990), bei vielen Autoren (u. a. KAEPELI 1918; MICHEL 1993 c) wieder.

KITT (1887) äußert zum eigentlichen Zitzengewebe, daß es ein Derivat des Dermisgewebes darstellt. Übereinstimmend mit den vorliegenden Befunden wird von KAEPELI (1918), MOSIMANN und KOHLER (1990) sowie MICHEL (1992) das Fehlen einer Hypodermis in der Zitzenhaut betont.

Der relativ weite Ausführungsgang der apokrinen Schlauchdrüse (Abb. 40) ist als spezifische Besonderheit der bovinen Zitzenhaut zu werten, da er ansonsten als relativ eng beschrieben wird (KUROSUMI et al. 1963; ANDRES u. VON DÜRING 1977).

Von der biologischen Relevanz apokriner Schlauchdrüsen zeugen zwei Versuche. TEICHER et al. (1978) konstatieren, daß neugeborene Ratten nicht auf die Zitzen des Muttertieres stoßen, wenn zuvor der Bauch der Rattenweibchens gewaschen wurde. Nach VARENDI et al. (1994) finden Babys nicht die Brustwarzen der Mutter, wenn der Geruchssinn der Neugeborenen unterbrochen oder ebenfalls die Brust der Mutter gewaschen wurde.

Wie bereits erwähnt, stammen detaillierte Hinweise zum Lymphsystem der Zitze (Abb. 4) hauptsächlich von HAMPL und JELINEK (1971). Die Autoren schätzen vergleichend ein, daß das lymphatische Kapillarnetz in der Zitze eine einfachere Anordnung erfährt als in der übrigen Körperhaut, weil Haare und Hautdrüsen fehlen. WEBER (1977) beobachtet konvergente Lymphgefäße in der Zitzenwand, wie sie auch in den vorliegenden Untersuchungen vorkommen.

Die Zitzenhaut erlangt im Zusammenhang mit dem Infektionsrisiko des Drüsengewebes an Bedeutung, was sich in einigen Studien manifestiert. McDONALD (1970 a) hält zunächst fest, daß auf ihr nach der Laktationsperiode Mikroorganismen präsent sind. Die Normalflora auf der Haut der Zitze kann nach WOODWARD et al. (1987) das Wachstum euterpathogener Erreger inhibieren oder aber verbessern. Ferner wirkt der Hauttalg auf die Entwicklung von Mikroorganismen hemmend und besitzt deshalb besondere Bedeutung (KIRCHMANN 1928). Nach NEAVE und OLIVER (1962), PHILPOT (1975) sowie SMITH und COETZEE (1979) hat *Staphylococcus aureus* auf einer gesunden Zitzen- oder Euterhaut nur sehr begrenzte Überlebenschancen, im Unterschied zum Ductus papillaris. BURMEISTER et al. (1998) ermitteln keine Korrelation zwischen der Anfälligkeit der Zitzenhaut gegenüber diesem Erreger und dem transepidermalen Wasserverlust.

MICHEL (1973) erklärt im Einklang mit den vorliegenden Untersuchungen die Verbreiterung der T. intima der Zitzenvenen und -arterien durch die Einlagerung von Bindegewebe und glatten Muskelzellen (Abb. 42, 43). Bei den Venen entsteht eine unregelmäßige innere Oberfläche, da die eingelagerten Muskelzellen nicht so gleichmäßig verteilt liegen wie bei den Arterien. ZIETSMANN (1917) und KAEPELI (1918) sehen die Venen als Schwellkörper an. Diesen Gedanken greifen LINZELL und RASMUSSEN (1972) sowie PEETERS et al. (1979) auf, indem sie die Vermutung äußern, daß die dicke muskuläre Wand der Zitzenvenen dazu dient, den Blutfluß während des Saugens bzw. Melkens aufrecht zu erhalten.

Nach Anwendung spezieller Untersuchungstechniken beschreiben SCHNEIDER und MICHEL (1975) in der Mittelschicht viele Nervenendorgane, die in ihrem Bau „Beziehungen zu den

MEISSNER-Körperchen zeigen“ und die für die Zitze typische Mechanorezeptoren verkörpern. Da in der vorliegenden Arbeit diese Methoden nicht angewandt wurden, können zu Nervenendorganen keine Aussagen getroffen werden, doch sind markhaltige Nerven zu beobachten (Abb. 42).

Konsens herrscht über den Aufbau der Wand der Zisterne, deren Epithel sowie die erhöhte subepitheliale Zellzahl (MIELKE 1994) in Bereich der FÜRSTENBERG-Rosette (Abb. 46). Von anderen Autoren wird jedoch nicht über intraepitheliale Corpora amylacea (Abb. 45) berichtet. NICKERSON et al. (1984) demonstrieren im basalen Teil des Epithels und im subepithelialen Bindegewebe Plasmazellen, die mit basophilen elektronendichten RUSSEL-Körperchen ausgestattet sind und nach Meinung der Verfasser dem Schutz vor einwandernden Mastitisserregern dienen. Diese Zellart wurde in den vorliegenden Untersuchungen jedoch kaum vorgefunden.

In Übereinstimmung mit den eigenen Untersuchungen weisen NICKERSON und PANKEY (1983) keine akzessorischen Drüsenläppchen in der Wand der Zitzenzisterne (Abb. 42, 44A) nach. Das steht jedoch im Widerspruch zu anderen Autoren (KITT 1887; LINZELL u. PEAKER 1971 a; MILNE 1977; WEBER 1977). KITT (1887) beobachtet „an vielen Stellen drüsenähnliche Ausbuchtungen“. Weiterhin werden von LINZELL und PEAKER (1971 a) sogar beträchtliche Variationen in der Anzahl zwischen den Rassen sowie Individuen registriert. Schließlich findet MILNE (1977) histochemische Unterschiede zwischen diesen Zellen und denen des Milchdrüsenparenchyms und vermutet die Produktion antibakterieller Substanzen.

Auch nach Ergebnissen von KITT (1887) und MICHEL (1973) läßt der Verlauf der glatten Muskelbündel zunächst keine besondere Ausrichtung erkennen, zeigt aber um den Zitzenkanal eine ausgeprägte Kreisfaserung analog dieser Studie (Abb. 49). Auch entspricht es den eigenen Ergebnissen, wenn MARTIN (1906) zur Zitzenbasis hin immer kräftigere Muskelbündel des ohnehin massiv vorkommenden glatten Muskelgewebes schildert.

Hinsichtlich des Verschlusses des Ductus papillaris beschreibt VAN DER MERWE (1985) ein vielspiraliges netzförmig integriertes muskulo-elastisches System, in dem die elastischen Fasern, unterstützt durch glatte Muskelzellen, und der intrazisternale Milchdruck einen passiven Verschuß bewirken. Von dieser Theorie abweichend kontrahieren nach MICHEL (1973) sowie MOSIMANN und KOHLER (1990) die zirkulären glatten Muskelzellen gemeinsam mit in Schleimhautfalten liegenden Längsmuskelsträngen, wodurch die Falten erhöht werden, was wiederum die Blockade des Zitzenkanals sicherer macht. Darüber hinaus registriert WITZEL (1965) alle 15-40 Sekunden eine Kontraktion des Schließmuskels und BERNABE und PEETERS (1980) nehmen bei laktierenden Kühen eine rhythmische Motilität der Zitzen wahr.

Von allen Autoren werden die vorgefundenen dickwandigen Gefäße erwähnt, nicht jedoch in dieser Dichte und nahe am Ostium papillare. Die zwar individuell unterschiedlichen, doch stets deutlich angehäuften dickwandigen Venolen (Abb. 48, 49) könnten möglicherweise ebenfalls zum passiven Verschließen des Ductus papillaris beitragen.

Gegensätzlich zu anderen Autoren (u. a. WITZEL 1965; MICHEL 1973; MOSIMANN u. KOHLER 1990) sehen HAMANN und BURVENICH (1994) trotz einiger physikalischer Anhaltspunkte einer Schließwirkung noch keinen anatomischen Beweis für die Existenz des M. sphincter papillae (Abb. 49) erbracht. Es existiert jedoch lediglich bei SMOLLICH (1992) eine fotografische Abbildung, auf der der Schließmuskel als solcher ausgewiesen ist.

Den scharf abgesetzten Übergang des Zisternenepithels (Abb. 46) beobachten u. a. auch MARTIN (1912), ZIETSMANN (1917) und MICHEL (1973). Für den Ductus papillaris stimmen die Ergebnisse der Arbeit in Bezug auf den Aufbau des Epithels (Abb. 46, 47, 48) mit

denen anderer Autoren (ADAMS et al. 1961; CHANDLER et al. 1969; COMURI 1972; MICHEL et al. 1974; MICHEL 1978; NICKERSON u. PANKEY 1983) überein.

Zur Theorie, daß eine Schleimhaut in der Zisterne vorhanden ist, gibt es Befürworter (MARTIN 1906; KAEPEL 1918; WEBER 1977; RÜSCH 1988; MOSIMANN u. KOHLER 1990) aber auch Autoren, die das verneinen (KAMM 1925; MICHEL 1973). Gleiches gilt für die histologischen Verhältnisse im Ductus papillaris. Dort sprechen MARTIN (1906), ZIETSCHMANN (1917), KAEPEL (1918), NEAVE und OLIVER (1962), McDONALD und PACKER (1968), ZARKOWER und SCHEUCHENZUBER (1977) sowie KIELWEIN (1985) von einer kutanen drüsenlosen Schleimhaut. Dagegen hoben bereits FÜRSTENBERG und FÜRSTENBERG (1868) hervor, daß die Haut des Zitzenkanals einen in das Zitzeninnere hineingezogenen Teil der äußeren Haut darstellt und demzufolge ähnlich der äußeren Haut aufgebaut ist. Dem pflichtet MICHEL (1973) bei, indem der Autor den Wandaufbau hinsichtlich funktioneller Zusammenhänge betrachtet und den Schleimhaut-Begriff auch unter entwicklungsgeschichtlichem Blickwinkel nicht aufrechterhalten kann. Dieser Argumentation folgt die vorliegende Untersuchung.

Die gewonnenen Befunde (Abb. 46, 47, 48) gehen außerdem konform mit bereits beschriebenen Erkenntnissen zur Epitheloberfläche (KIT 1887; MARTIN 1906; MICHEL 1973), zu den Zeichen einer starken Verhornung (MICHEL 1973) und zur Stärke der Schichten (ZIEGLER u. MOSIMANN 1960; ADAMS et al. 1961; NICKERSON 1985 c).

Beim Milchrind schildern COMURI (1972), MICHEL et al. (1974) und COMALLI et al. (1984) ebenfalls eine besonders große Anzahl an Zellschichten des Str. granulosum. Adäquat der dargestellten Ergebnisse (Abb. 47, 48) verweisen MICHEL et al. (1974) auf Keratohyalin granula unterschiedlicher Größe und Form, was auf einen schnellen Verhornungsprozeß hindeutet.

Der Verlauf breiter Papillarkörper spitzenwärts in Richtung des Ostium papillare (Abb. 48) bestätigt Befunde von KIT (1887) und MARTIN (1906). Somit wird gemäß MICHEL et al. (1974) und MICHEL (1978) neben einer festen Verankerung des Epithels auf der Unterlage auch ein tendenzielles Wachstum des Epithels nach außen erzielt, was der Erregerabwehr dient. Eine Schädigung des Epithels am Ostium papillare wirkt prädisponierend für Infektionen (HAMANN 1993), speziell mit verschiedenen Staphylokokken (MYLLYS et al. 1994).

Einhellig gilt der Ductus papillaris als maßgebende Barriere für ascendierende Erreger (TOLLE u. HAHN 1983), hauptsächlich die distalen 4-5 mm (McDONALD 1970 a, b), da er u. a. durch die ständige Abschuppung des Epithels (MARTIN 1906) eine permanente Reinigung des Kanals bewirkt (KAMM 1925). Die nahezu konstante Höhe des Epithels im Zitzenkanal steht zu Ergebnissen von NICKERSON (1985 c) im Widerspruch. Der Autor findet eine von proximal nach distal zunehmende Stärke der Epithelschicht.

Ein mikrobielles Wachstum im Zitzenkanal wird nach HIBBITT et al. (1972) durch das vorhandene Keratin fortwährend unterdrückt, was MURPHY (1959) und CAPUCO et al. (1992) nachweisen, indem sie es partiell entfernten und danach als Konsequenz Bakterien durch den Kanal wachsen sahen. SCHÖTT (1993) findet im Zitzenkanal nur eine Bakterienart, also keine Mischinfektion, vor. Beim Jungtier beobachtet TOLLE (1982) aufgrund des sternförmigen Querschnitts des Ductus papillaris eine große keratinbedeckte Oberfläche. Nach Auffassung des Autors sorgen die Falten auch für einen wirksamen physikalischen Schutz gegen Erreger.

Zitze des Pferdes

Zu den vorgelegten Ergebnissen bestehen nur wenige Vergleichsmöglichkeiten. Die erhobenen Befunde zur Pigmentierung (Abb. 86A, 86B, 87A) und zur Beschaffenheit der Hautoberfläche stimmen im wesentlichen mit denen von KIT (1887), KAEPEL (1918) sowie HABERMEHL (1996 b) überein.

Viele Befunde der Arbeit zur Epidermis sind bislang in der Literatur ungenannt, z. B. bleiben die relativ großen Keratinozyten oder das verhältnismäßig dünne Str. corneum (Abb. 86A) unerwähnt. Ebenso existieren zur Epidermis der Stutenzitzen und zu intraepidermalen Melanozyten (Abb. 88A, 88B) keine ultrastrukturellen Studien. Für das Ergebnis, daß die Zellen im oberen Str. spinosum größer sind als die tieferen (Abb. 87B), können die einsetzenden Degenerationsprozesse verantwortlich sein. Bemerkenswert sind ferner die ODLAND-Körperchen (Abb. 88B), die bereits in der unteren Schicht des Str. spinosum vorkommen. Es ist nicht zu erklären, auf welchen Sekretionsprozeß die intrazytoplasmatischen Sekretgranula (Abb. 87C) hindeuten, zumal diese von anderen Autoren nicht gezeigt werden, u. a. GHADIALLY (1993 c) oder KRSTIC (1994 b).

Auch KAEPEL (1918) berichtet von hohen Papillen, die sich zur Zitzenspitze hin ausrichten. TALUKDAR et al. (1972 b) betonen zwar ebenfalls, daß in der Dermis schmale Bündel aus glatten Muskelzellen auftreten, die in Schnitten längs, schräg und querverlaufend getroffen sind, heben jedoch nicht ausdrücklich deren großen Anzahl hervor, in der sie in den vorliegenden Untersuchungen ausgebildet sind (Abb. 89).

Die von FÜRSTENBERG und FÜRSTENBERG (1868) erwähnten Talgfollikel (mit speziellen langgestreckten Epidermiszellen ausgekleidete Einsenkungen) kommen in der Studie nicht vor, wobei schon die begleitenden Zeichnungen der Autoren in sich Widersprüche bergen. Die Beobachtung, daß die Gl. sebacea aus mehreren Lobuli besteht (Abb. 89, 90A), stimmt mit der von TALUKDAR et al. (1972 b) überein. Konform mit KAEPEL (1918) und TALUKDAR et al. (1972 b) sind im Bereich des Ostium papillare lediglich noch Talgdrüsen, jedoch keine Schlauchdrüsen mehr entwickelt. Dazu bemerkt MEYER (1998), daß sich große Gl. sebaceae auf die Zitze selbst beschränken. KIT (1887) macht sie für den dünnen Talgüberzug der Zitze verantwortlich.

KAEPEL (1918) findet die Zitzenhaut mit zahlreichen Haaren besetzt vor, verbunden mit großen Talg- und kleinen Schlauchdrüsen, was die vorliegenden Untersuchungen bestätigen (Abb. 89). Derselbe Autor beschreibt ein engeres Lumen der apokrinen Drüsen, als es beim Schaf der Fall sei, was jedoch den vorliegenden Untersuchungen widerspricht, da sich die apokrinen Drüsen durch eine mittlere Größe auszeichnen (Abb. 89, 91A). STOSS (1906) und TALUKDAR et al. (1972 b) betonen das zahlreiche Vorkommen der Drüsenart ausdrücklich in der Zitzenhaut, was jedoch in dieser Studie nicht vordergründig festzustellen ist. Weil zu den apokrinen Drüsen in der Zitzenhaut keine weiteren speziellen Untersuchungen bekannt sind, wird an dieser Stelle auf die bereits geäußerten Gedanken im Diskussionsabschnitt zur Euterhaut des Pferdes verwiesen.

Gründe für die relative Häufigkeit der bei den eigenen Untersuchungen angetroffenen Lymphkapillaren (Abb. 92) sind mit hoher Wahrscheinlichkeit in der tierartlichen Besonderheit des Pferdes zu suchen, da auch das intramammäre Bindegewebe Lymphgefäße in ungewöhnlich hoher Dichte beherbergt (Abb. 74A).

Bezüglich der Gefäße in der Mittelschicht berichten andere Autoren neben einer Schicht verdickter Gefäße (TALUKDAR et al. 1972 b) von zahlreichen arteriovenösen Anastomosen und Venenplexus im mittleren Anteil der Dermis (TALUKDAR et al. 1972 b; MEYER 1998). In der vorliegenden Arbeit sind lediglich einige Venen (Abb. 92) und kaum Anastomosen zu beobachten.

Intraepitheliale Ablagerungen im Sinus lactifer (Abb. 93, 99B) sind von anderen Autoren nicht beschrieben worden, ebenso wenig die Integration von Milchsteinchen in das Epithel (Abb. 95).

Akzessorische Milchdrüsen fehlen (Abb. 94), was die Untersuchungsergebnisse KAEPPPELI (1918) unterstützt, denen von MARTIN (1906) hingegen widerspricht.

Der allmähliche Übergang des Zylinderepithels der Zisterne in den Ductus papillaris (Abb. 96, 99B) findet bei der Mehrzahl der Autoren Bestätigung.

KAEPPPELI (1918), HABERMEHL (1996 b) und ÜBERMUTH et al. (1998) beschreiben im Zitzenkanal des Pferdes eine kutane Schleimhaut mit mehrschichtigem Plattenepithel. Die Problematik in Bezug auf die Schleimhaut wurde bereits im Abschnitt zum Rind besprochen.

Während lediglich KAEPPPELI (1918) das Epithel ebenfalls als unverhornt charakterisiert, umgehen andere Autoren, z. B. ÜBERMUTH et al. (1998) eine diesbezügliche Aussage. Zu dem unverhornten Epithel paßt der Befund, daß nur eine Zellage des Str. granulosum vorzufinden ist (Abb. 99A, 99B, 99C). Das Epithel gleicht z. B. dem im Kopfdarmbereich, das zwar als verhornt einzustufen ist, aber keine Hornschicht formiert, da die verhornten Zellen sofort und nur einzeln abschilfern. Jedoch ergibt sich die Frage, wo diese Zellen verbleiben. Wie es mit diesem histologischen Aufbau Aufgaben im Rahmen der Infektionsabwehr zu erfüllen in der Lage ist, bleibt schon deshalb problematisch, weil bei anderen Tierarten, speziell beim Rind, die Abschilferung des Epithels im Zitzenkanal einen wichtigen Abwehrmechanismus darstellt.

Zu den geschrumpften Zellen mit Hof im oberen Epithelabschnitt des Ductus papillaris (Abb. 99A) liefern TALUKDAR et al. (1972 b) sowie STEVENS und LOWE (1992) Anhaltspunkte. Auf einer der Abbildungen von TALUKDAR et al. (1972 b) sind „clear cells“ benannt, allerdings in der Epidermis und dort limitiert auf das Str. basale. STEVENS und LOWE (1997 c) zeigen im Hämatoxylin-Eosin-Schnitt epidermale LANGERHANS-Zellen, die zwar eine gewisse Ähnlichkeit aufweisen, sich aber insbesondere durch ihren eingefalteten Zellkern unterscheiden.

Das Vorkommen von Melanozyten in den verzweigten Papillen des Ductus papillaris (Abb. 98, 101) war bisher nicht bekannt.

Im Gegensatz zu den vorliegenden Untersuchungen (Abb. 97A, 97B) konstatiert KITT (1887) starke Papillarkörper als Grundlage dieses Epithels. Kein Autor erwähnt, daß diese im proximalen Ductus papillaris-Abschnitt nahezu fehlen und erst ab der distalen Hälfte verzweigend ausgebildet sind (Abb. 98, 100). Die Festigkeit der Verankerung des Epithels auf der Unterlage muß deshalb zunächst schwach sein und kann nur mit einer geringen mechanischen Beanspruchung erklärt werden. Unseres Erachtens stellt das eine tierartige Besonderheit dar.

KITT (1887), MARTIN (1906) und HABERMEHL (1996 b) halten fest, daß ausnahmsweise drei Zisternen und Zitzenkanäle ausgebildet sein können, was auch bei zwei Stuten der vorliegenden Untersuchungen der Fall ist (Abb. 94 bzw. Abb. 98). Weiterhin beschreibt KAEPPPELI (1918) als einziger Autor neben dem Ductus papillaris einen weiteren Gang, der bis in die Mitte des Zitzenkanals reicht. Gemäß diesem Autor und in Übereinstimmung mit den vorliegenden Befunden (Abb. 101) ist es der Balg für die aus der Zitzenkanalöffnung herausragenden Haare und gleichzeitig der Ausführungsgang für „Talgdrüsenpakete“. Die gewonnenen Befunde zu den Mammar-

haaren, flankiert von besonders komplexen Talgdrüsen (Abb. 90B), stimmen mit KITT (1887), MARTIN (1906), KAEPPPELI (1918) und UEHLINGER (1922) überein.

Glatte Muskelzellen (Abb. 96) werden auch von ÜBERMUTH et al. (1998) erwähnt. Diese Autoren schildern zwar keine konzentrische unverdichtete Anordnung glatter Muskulatur subepithelial des Ductus papillaris (Abb. 98), betonen jedoch ebenfalls das Ausbleiben eines M. sphincter papillae, wodurch bei säugenden Stuten ein spontaner Milchfluß möglich wird. Auch nach KAEPPPELI (1918) ist kein „eigentlicher“ Schließmuskel ausgebildet, wie bereits dargelegt.

Zitze des Schafes

Die wenigen Aussagen zur makroskopischen Anatomie der Zitzen, der Unterteilung der Zitzenwand sowie der Beschreibung der Behaarung von KAEPPPELI (1918) sowie SAR und CALHOUN (1966) decken sich mit den vorliegenden Ergebnissen.

Bis auf die speziell zur Zitze zutreffenden Äußerungen knüpft die Besprechung der Epidermis, der apokrinen Schlauchdrüsen und der Talgdrüsen an die bereits im Abschnitt zur Diskussion der Euterhaut geäußerten Bemerkungen an.

Nach umfangreichen Studien konstatieren LYNE und HOLLIS (1968) in behaarten Hautabschnitten eine im Unterschied zu bewollten Hautpartien dickere Epidermis, gewöhnlich größere Hautdrüsen und das Vorkommen von Melanozyten, meist nahe der dermo-epidermalen Verbindung. Zusätzlich zu dieser Lokalisation kann man in der vorliegenden Arbeit einzelne Melanozyten zwischen den Matrixzellen der Talgdrüsen eingestreut vorfinden. Hinsichtlich der Epidermisdicke fällt bei den Ergebnissen auf, daß teilweise eine sehr dünne Epidermis auftritt (Abb. 130, 132).

Lediglich KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) gehen bezüglich der beschriebenen flachen Corpora papillares in der Zitzenhaut mit den vorgelegten Ergebnissen (Abb. 127B, 130) konform, gleichwohl nicht davon berichtet wird, daß sich die Papillarkörper im distalen Zitzenbereich (Abb. 127B) verlängern.

Der Vermerk von KAEPPPELI (1918), das Korium wäre breit entwickelt, kann nicht bestätigt werden. Den Einschätzungen von MARTIN (1906), KAEPPPELI (1918) und HABERMEHL (1996 b), nur wenige glatte Muskelzellen in der bindegewebigen Mittelschicht vorzufinden, widersprechen die Ergebnisse (Abb. 132, 138) ebenfalls. KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) berichten von glatten Muskelzellen ohne Beziehung zu Haaren, u. a. in der Zitze, die jedoch in der vorliegenden Studie nicht auftreten. Hinweise auf die geringe Ausbildung des M. arrector pili (Abb. 130) finden sich nicht in der Literatur.

Meine Ergebnisse bestätigen diejenigen von MARGOLENA (1962), daß die Endstücke apokriner Drüsen bis unterhalb der Haarfollikel reichen, jedoch erwähnt der Autor nicht den Extremfall, daß das Haar völlig von Drüsenendstücken eingeschlossen wird (Abb. 128). Daraus ergibt sich unseres Erachtens eine gewisse optische Ähnlichkeit mit einem Sinushaar. Auch bleibt unerwähnt, daß diese Drüsen ab Höhe des Ductus papillaris nicht mehr an der Zitzenspitze vorkommen (Abb. 127B).

Es bleibt zu vermuten, daß der Sinus der Schlauchdrüse (Abb. 130, 131A, 131B) Ausdruck für eine besonders ergiebige Sekretproduktion ist. Das häufige Vorkommen der Drüsen (Abb. 130) spricht für ihre Wichtigkeit in diesem Hautabschnitt. In diesem Kontext sei auf JENKINSON et al. (1979) verwiesen, die mittels Hautwaschungen eine komplexe Mischung antigener Substan-

zen erhielten, bspw. lösliche Proteine, wobei von den Autoren die Schlauchdrüsen und in geringerem Maße die Epidermis als deren Entstehungsorte angesehen werden. Nach JANSEN und HAYES (1987) muß man bei der Beurteilung der Verhältnisse auf der Hautoberfläche auch Bakterien berücksichtigen, von denen sie 10 Spezies isolierten. Die Hornschuppen, die teilweise im Sinussekret enthalten sind (Abb. 131b, 133), können nur vom Epithel des sich anschließenden Ductus papillaris (Abb. 136B, 137B) herrühren, von dem sie aufsteigen.

In der Literatur wird nicht auf die ausgesprochen großen Talgdrüsen in der Zitzenhaut verwiesen, die aus mehreren Läppchen (Abb. 128, 132) bestehen können.

Beachtlich ist, daß große und mittlere Gefäße in der Mittelschicht annähernd einen Ring bilden (Abb. 132). Die dickwandigen Venen ähneln den Arterien, so daß der histologische Unterschied verwischt. Im allgemeinen scheinen die wenigen Lymphgefäße keine große Rolle zu spielen.

Auch andere Autoren schildern regelmäßig alveoläres sekretorisches Gewebe, das aktiv tätig ist und sein Sekret direkt ins Sinuslumen entläßt (MARTIN 1906; TURNER 1952; BROOKER 1984). Hinweise auf zwei unterschiedliche Läppchentypen (Abb. 134) unterbleiben indessen in der Literatur. Hinsichtlich der räumlichen Ausdehnung der akzessorischen Drüsenläppchen, die bis an die FÜRSTENBERG-Rosette heranreichen (Abb. 135), wird in der Literatur ebenfalls kaum etwas berichtet. Lediglich KAEPPPELI (1918) führt aus, daß schon dicht oberhalb des Strichkanals starke Komplexe ausgebildet sein können. Die erhobenen Befunde hinsichtlich intraepithelialer Corpora amylacea (Abb. 135) finden in der Literatur ebenfalls keine Erwähnung.

Analog der Ergebnisse von KAEPPPELI (1918) wird sowohl die Pars papillaris als auch die Pars glandularis des Sinus lactifer durch ein zweischichtiges Epithel ausgekleidet (Abb. 133). Von einem markant entwickelten Labyrinth der FÜRSTENBERG-Rosette (Abb. 135) liegen bis dato keine Schilderungen vor.

In Übereinstimmung mit KAEPPPELI (1918) und PATTISON (1952) geht das Epithel der Zitzenzisterne abrupt in das mehrschichtige Plattenepithel des Ductus papillaris über (Abb. 135, 136A, 136B). Lediglich KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) beurteilen den Epithelwechsel als kontinuierlich.

Nach KAEPPPELI (1918) ist der Zitzenkanal des Schafes länger als beim Rind. Kein Autor hebt die große Anzahl an Zellschichten des Str. granulosum (Abb. 137A, 137B) hervor und unerklärlich ist, weshalb KAEPPPELI (1918) diese Schicht überhaupt nicht vorfand.

Das Ausbleiben des Str. lucidum (Abb. 137B) überrascht, weil diese Schicht nach Auffassung verschiedener Autoren allgemein als Voraussetzung für einen schnellen Verhornungsprozeß angesehen wird.

Das Corpus papillare hat neben deutlichen Papillen (Abb. 138) die Besonderheit, herdweise pigmentiert zu sein, was auch KAEPPPELI (1918) feststellt. Die erhobenen Befunde des pigmentierten Epithels des Ductus papillaris gehen mit MARTIN (1906) sowie HABERMEHL (1996 b) konform. Durch Längsfalten wird eine Einengung des Lumens erreicht (Abb. 138), was auch HABERMEHL (1996 b) konstatiert. Nach KOZLOWSKI und CALHOUN (1969) ist die Öffnung einer nicht-aktiven Zitze mit einer großen Menge Keratin gefüllt, was bei den vorliegenden Untersuchungen nicht beobachtet wird.

Wie dargestellt, nimmt die Dichte der glatten Muskelzellen in der Mittelschicht nach zentral, in Richtung des Zitzenkanals (Abb. 132, 138), zu. Im Gegensatz dazu beschreiben SAR und CALHOUN (1966) keine muskuläre Lage um den Ductus papillaris. Als Ergebnis des optischen Vergleichs des histologischen Bildes mit einer Abbildung bei MICHEL (1992) scheint es gerechtfertigt,

auch bei dieser Spezies von einem muskulären Verband (Abb. 137A, 138) auszugehen, der als M. sphincter papillae wirken könnte. Jedoch ist nach Auffassung von KAEPPPELI (1918), HABERMEHL (1996 b) und MICHEL (1994) kein echter Schließmuskel ausgebildet. Aufgrund der Kontraktion der muskulären Elemente und vermutlich durch den Einfluß der zahlreichen großen Arterien in diesem Bereich wird im Zusammenwirken mit den Längsfalten des Ductus papillaris ein mechanischer Verschuß des Kanals erreicht, um ascendierende Infektionen zu unterbinden. KAEPPPELI (1918) sieht durch die zahlreichen elastischen Fasern um den Zitzenkanal einen ausgesprochenen Ring formiert, der allein ein Verschließen des Ductus papillaris bewirken soll. Ein solcher Ring wird in den vorliegenden Untersuchungen nicht festgestellt.

In der Literatur finden sich zur Frage überzähliger Zitzenkanäle lediglich drei Hinweise, jedoch nur das Rind betreffend. BLACKBURN (1956) schildert „periductal lobules“, die in der Wand der Drüsen- und Zitzenzisterne vorkommen können. In den Untersuchungen von WEBER et al. (1957) treten bei zwei von elf Kühen zusätzliche funktionstüchtige Nebengangläppchen auf. Die Alveolen sind mit einschichtigem Epithel ausgekleidet und umgeben einen zentralen ausgesackten Teil mit zweischichtigem Epithel. Der sich daran anschließende Gang mit mehrschichtigem Plattenepithel mündet in den Ductus papillaris. In einer Darstellung bei WEBER (1977) ist im Längsschnitt durch die Zitzenspitze ein Gang zu sehen, der aus einer „zusätzlichen Drüse“ hervorgeht. Die aufgezeigten Befunde dieser Untersucher stimmen mit den in der Arbeit vorgefundenen Verhältnissen bei Schaf (Abb. 141, 142) und Ziege (Abb. 180A, 180B, 180C) überein.

Zitze der Ziege

Im wesentlichen decken sich die in der vorliegenden Arbeit erhobenen Befunde mit den Erkenntnissen von KAEPPPELI (1918). Bis auf speziell die Zitze betreffende Äußerungen knüpft die Besprechung der Epidermis, der apokrinen Schlauchdrüsen und der Talgdrüsen an den Abschnitt der Diskussion der Euterhaut an, zumal eine nur sehr begrenzte Anzahl von Untersuchungen zum Vergleich vorliegt. Neben den hohen Papillen des Corpus papillare (Abb. 167A) müssen für die äußere Haut die zahlreichen glatten Muskelzellen (Abb. 171B) betont werden, was aber lediglich SAR und CALHOUN (1966) ebenfalls unterstreichen.

Bis auf KAEPPPELI (1918) bleibt in der Literatur auch die Tatsache unerwähnt, daß die Haut der Zitzenspitze keine Haare und Schlauchdrüsen mehr enthält. Hinsichtlich der apokrinen Schlauchdrüse weichen SAR und CALHOUN (1966) von der vorliegenden Arbeit (Abb. 171A) ab, indem sie von großen Endstücken berichten. Dagegen stimmen die Befunde mit KIMURA und AOKI (1962) überein, die bei dieser Spezies weniger gewundene Schlauchdrüsen beobachteten. In ihrer Arbeit dokumentieren SAR und CALHOUN (1966) ebenfalls das abrupte Ende des sekretorischen Anteils (Abb. 172B). Daß die Drüse einen Sinus ausbildet (Abb. 171A, 172B), dessen Lumen weiter ist als der Ductus papillaris (Abb. 171B), und daß das Sekret durch die Fixation erstarren (Abb. 170) kann, findet in der Literatur bisher keine Erwähnung.

Die in der Mittelschicht lokalisierten großen und mittleren dickwandigen Blutgefäße (Abb. 166B, 171B, 174) sind möglicherweise Teil eines Venenrings, der allerdings lediglich beim Rind beschrieben ist.

An der Zitzenbasis berichtet KITT (1887) von vielen sinusoiden Hohlräumen der Zisterne, die durch Brücken und Spangen erzeugt werden. Diese treten in den vorliegenden Untersuchungen ebenso wenig auf wie zwei bindegewebig getrennte Zitzenzisternenkanäle, die PATTISON (1952) bei einer Zitze beobachtet. Derselbe Autor betont ferner papilläre Vorsprünge im Gebiet

der FÜRSTENBERG-Rosette.

Die erhobenen Befunde hinsichtlich der ausgeprägten kompakten akzessorischen Milchdrüsenläppchen (Abb. 166B, 174, 175A, 175B), die aktiv und ohne Unterschied zum Drüsenepithel der Milchdrüse sind, decken sich mit Angaben von PATTISON (1952). Auch findet ein besonders reichliches Auftreten dieser Läppchen bei KITT (1887) sowie MARTIN (1912) Erwähnung. Außerdem wird bei KAEPEL (1918) der Befund bestätigt, daß die akzessorischen Drüsenläppchen individuell verschieden stark entwickelt sein können. Über die vorgefundenen Drüsenläppchen unter der Pars papillaris des Sinus lactifer ist bei dieser Tierart nichts bekannt. Wie bereits erwähnt, wird lediglich in drei Arbeiten beim Rind (BLACKBURN 1956; WEBER et al. 1957; WEBER 1977) von derartigen Verhältnissen berichtet.

Beim Saugen des Lammes spielen vermutlich die Bündel glatter Muskelzellen, die nach zentral hin an Dichte zunehmen (Abb. 174), eine nicht zu unterschätzende funktionelle Rolle. Im Widerspruch zu den vorliegenden Untersuchungen stellen SAR und CALHOUN (1966) keine muskulären Lagen um den Ductus papillaris bei der Ziege fest, geben jedoch im weiteren indirekt die Existenz eines Schließmuskels an. Zum M. sphincter papillae (Abb. 179A, 179B) fehlen für diese Spezies mit Ausnahme von KAEPEL (1918) konkrete Angaben. Der Autor vertritt ebenfalls die Ansicht, daß ein M. sphincter papillae ausgebildet ist und sieht besonders in Bezug auf muskuläre Bestandteile in der Mittelschicht ganz verschiedene histologische Bilder in Abhängigkeit vom Alter. So sollen bei älteren Ziegen die zirkulär verlaufenden Muskelzellen subepithelial eine Ringfalte ausbilden.

Auch für die Ziege bestehen die bereits mehrfach aufgeführten Meinungsverschiedenheiten bezüglich der Schleimhautauskleidung des Sinus lactifer. KAEPEL (1918) und PATTISON (1952) konstatieren ebenfalls ein zweischichtiges Epithel (Abb. 175A) und einen abrupten Übergang in den Ductus papillaris (Abb. 176A). Ausdrücklich halten SMITH und ROGUINSKY (1977) fest, daß die große Zitzenzyste in einen einzelnen Zitzenkanal übergeht, was bestätigt werden kann.

PATTISON (1952) untersuchte ebenfalls den Aufbau des Ductus papillaris-Epithels und schätzt ein, daß es von „gewöhnlicher Struktur“ sei. KITT (1887) spricht von einem „hochgeschichteten Plattenepithel, das auf Papillarkörpern ruht“. Spezielle Angaben, z. B. das Auftreten ausgeprägter hoher Strata corneum et granulosum (Abb. 170) oder daß das Epithel unpigmentiert und von einem deutlichen Papillarkörper unterlagert wird (Abb. 179A), werden abgesehen von KAEPEL (1918) nicht geäußert.

KAMM (1925) unterstreicht auch für diese Tierart, daß die ständige Abschuppung des Plattenepithels eine permanente Reinigung des Ductus papillaris zur Folge hat. Nach PATTISON (1952) verdickt sich das Str. corneum am Ostium papillare sowie das restliche Epithel, eine Tatsache, die die vorliegenden Untersuchungen bestätigt (Abb. 179A).

5. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit werden mit licht- und elektronenmikroskopischen Mitteln die Euterhaut, das Milchdrüsenparenchym und die Zitzen von Rind, Pferd, Schaf und Ziege untersucht.

Haut der Drüsenkörper

Eine unterschiedlich dicke Epidermis mit einem Stratum granulosum, das aus ca. drei Lagen besteht, überzieht diesen Hautabschnitt. Aufgrund morphologischer Besonderheiten muß man bei der Euterhaut des Pferdes zusätzlich einen Sulcus intermammaricus, bei der des Schafes einen Sulcus intermammaricus sowie einen Sinus inguinalis und bei der Ziege einen Sinus inguinalis unterscheiden. Die Epidermis im Sulcus intermammaricus zeichnet sich beim Pferd aufgrund der enormen Dicke des Stratum corneum, sehr großer Keratinozyten, des nahezu gänzlichen Fehlens typischer Keratohyalin granula im Stratum granulosum sowie extrem schlanker hoher Papillen aus.

Der M. arrector pili ist beim Rind sowie bei der Ziege im Sinus inguinalis am deutlichsten ausgebildet. Beim Pferd kommt er am häufigsten vor.

Das Pferd besitzt mächtige Talgdrüsenläppchen aus großen Drüsenepithelzellen, wobei diese Läppchen stets beiderseits des Haars angeordnet sind. Während sich die apokrine Schlauchdrüse beim Rind aus wenigen und weitlumigen Endstücken zusammensetzt, treten beim Pferd zahlreiche kleine Azini und intraglanduläre Lymphkapillaren auf. Schaf und Ziege ordnen sich in Hinsicht auf die Endstücke dazwischen ein. Eine Sonderstellung hat die mächtige Schicht aus apokrinen Drüsen im Sinus inguinalis der Ziege inne. Die Drüsenzellen zeigen bei Pferd und Schaf eine auffällende Morphokinese in Form häufig auftretender Kuppelzellen mit apikalen Protrusionen. Einige Zellen im Bereich des Sulcus intermammaricus des Pferdes sind zudem pigmentiert. Im Sulcus intermammaricus des Schafes wird ein Sinus gebildet, aus dem der Ausführungsgang hervorgeht. Bei allen untersuchten Tierarten zieht der Ductus excretorius unmittelbar an der Talgdrüse vorbei und mündet entweder in einer Pore neben dem Haar auf der Hautoberfläche oder in den oberen Abschnitt des Haartrichters.

In der Dermis weist das Stratum superficiale feinere kollagene Fasern als das Stratum profundum auf. Im oberen Stratum profundum haben sich vereinzelt arteriovenöse Anastomosen speziell zu HOYER-GROSSER Organen differenziert. Beim Pferd umspülen viele Lymphgefäße die neurovasculären Bündel.

Milchdrüsenparenchym

Bei allen betrachteten Tierarten enthalten sekretorisch aktive Laktozyten einen gut entfalteten Syntheseparat. Zellhöhe und -gestalt richten sich nach der jeweiligen Sekretionsphase und der Form der Alveole.

Der glatt konturierte ovale Zellkern weist meist einen Nukleolus auf. Übereinstimmend sind die Mitochondrien vom Crista-Typ. Die apikale Zellmembran bildet stellenweise kleine Mikrovilli und bei Pferd, Schaf sowie Ziege Einsenkungen zwischen benachbarten Laktozyten. Beim Rind kommt es zu einer deutlichen, beim Pferd und Ziege zu einer feineren Faltung der basalen Zellmembran, während sich beim Schaf kein basales Labyrinth formiert, sondern lediglich mikrovilliartige Ausstülpungen in den dunklen (involutierenden) Zellen ausgebildet sind. Die Laktozyten

des Schafes besitzen keine Polarität und zeigen laterale Interdigitationen sowie intrazelluläre Residualkörperchen.

In der Kolostralmilchperiode des Pferdes sind helle und dunkle Zellen im Alveolarepithel zu beobachten. Beiden Zellen ist gemeinsam, daß sie außerordentlich große Proteinkomplexe enthalten.

Auch während der Involution sind bei Pferd, Schaf und Ziege helle und dunkle Zellen vorhanden, wobei das allgemein organellenarme Zytoplasma der letztgenannten geschrumpft und kondensiert erscheint. Bei zwei Pferden verfügen einige helle Alveolarepithelzellen über kristalline Einschlüsse.

Die Myoepithelzellen zeichnen sich bei allen Tierarten durch ein dichtes organellenarmes Zytoplasma mit Verdichtungen (dense bodies) und Hemidesmosomen aus. In der Involution weisen diese Zellen beim Schaf apoptotische Körperchen auf. Beim Pferd sind die myoepithelialen Zellen dunkler sowie eingefaltet.

Innerhalb des Alveolarepithels liegen neutrophile Granulozyten, Lymphozyten sowie Makrophagen als Fremdzellen.

Auch der Aufbau des zweischichtigen Milchgangepithels stimmt prinzipiell bei allen dargestellten Tierarten überein. Während die oberflächlichen Zellen mit Mikrovilli besetzt sind, verfügen die basalen Zellen über Intermediärfilamente, Interdigitationen sowie weite Zwischenzellräume. Ausschließlich beim Pferd lagert sich Ceroid in den Epithelzellen des Ductus lactifer bzw. intra- und extraalveolär im Milchdrüsenparenchym ab.

Das Milchsekret enthält als Milchzellen Laktozyten, neutrophile Granulozyten, Lymphozyten sowie Makrophagen. Daneben sind Fetttropfen und speziell beim Pferd in beachtlicher Menge apikale Zytoplasmafragmente, auch einzelne Mitochondrien, vertreten. In der nicht-laktierenden Periode schilfern massiv kondensierte Alveolarepithelzellen ohne Fragmentierung ab.

Corpora amylacea sind als konzentrisch geschichtete Gebilde im laktierenden und trockenstehenden Gewebe, sowohl intra- als auch extraalveolär vorhanden. Nur beim Schaf sind sie nicht in den Milchgängen, jedoch in den akzessorischen Drüsenläppchen der Zitze zu beobachten.

Das Endothel der Blutkapillaren aller dargestellten Tierarten bildet unterschiedlich lange pseudopodienartige Ausstülpungen. Lediglich beim Schaf kommen daneben ebenfalls herkömmlich aufgebaute Kapillaren des kontinuierlichen Typs vor. Das extraalveoläre Bindegewebe zeigt beim Pferd einen großen Reichtum an meist klappenreichen Lymphgefäßen.

Zitze

Beim Rind ist die äußere Haut lediglich an der Zitzenbasis noch behaart und besitzt dort nur ein flaches Corpus papillare. Die Epidermis zeichnet sich beim Pferd durch ihre gesteigerte Dicke aus, was hauptsächlich von einem starken Stratum spinosum herrührt. Innerhalb dieser Schicht lassen sich basal kleine und apikal größere Zellen unterscheiden. Unter dem Epithel liegen neben hohen schlanken Papillen auch zahlreiche glatte Muskelzellen, die stellenweise zwischen die Azini der Schlauchdrüsen reichen.

Bemerkenswert an der äußeren Haut der Schafzitze sind die dünne Epidermis sowie die besondere Ausbildung der apokrinen Drüsen, deren Endstücke die Haarwurzel komplett umgeben. Außerdem existiert ein Sinus, von dem der Ductus excretorius zu einer Pore auf der Oberfläche zieht. Gleiche Verhältnisse gelten auch für die Ziege. Bei dieser Tierart besteht die Epidermis aus

kleinen Zellen. Neben dem M. arrector pili kommen relativ zahlreiche glatte Muskelzellen vor.

Bis auf das Pferd weisen die untersuchten Tierarten in der Mittelschicht der Zitze zahlreiche Gefäße auf, die sich bei Rind und Schaf nahezu zu einem Ring formieren. Die T. intima der Venen erfährt durch die Einlagerung von Muskelzellen eine Verdickung. Zudem sind die Venen mit z. T. kompliziert gebauten Klappen bestückt.

Glatte Muskelzellen sind ebenfalls reichlich, einzeln oder in Bündeln auftretend, vorhanden. Um den Ductus papillaris verdichten sie sich, was bei Rind und Schaf besonders auffällt. Lymphgefäße zeigen in diesem Abschnitt allgemein eine mittlere bis geringe Häufigkeit und Dichte.

Das zweischichtige Epithel des Sinus lactifer überzieht die ausgebildeten Strukturalteln und senkt sich beim Pferd sägeblattförmig ein. Während man bei der Hälfte der untersuchten Pferde eine intrazelluläre Ceroidakkumulation bemerkt, weist das Schaf subepithelial regelmäßig Melaninkörnchen auf. Lediglich bei Ziege und Schaf sind kompakte akzessorische Milchdrüsenläppchen zu beobachten, die meist direkt in den Sinus lactifer oder über zwei bis drei Ausführungsgänge in den Zitzenkanal münden. Besonders deutlich wird die FÜRSTENBERG-Rosette beim Schaf. Bei zwei Pferden sind jeweils drei Zitzenzysternen ausgebildet.

Der ansonsten abrupte Epithelwechsel vom Sinus lactifer in den Ductus papillaris vollzieht sich beim Pferd allmählich. Auch findet man bei dieser Tierart kein Stratum corneum vor, was sonst stark sichtbar ist und beim Schaf in Form von Hornschüppchen wieder im Sekret des Sinus lactifer auftaucht. Bei Rind, Schaf und Ziege ist das Stratum granulosum beträchtlich breit entwickelt. Das Epithel ruht auf vom Corpus papillare gebildeten schlanken Papillen, die beim Pferd erst ab der distalen Hälfte auftreten und sich in Richtung Ostium papillare verzweigen. Ferner fehlt dem Pferd der M. sphincter papillae.

6. SUMMARY

Ludewig, Thomas

Light- and electron microscopic observations of the mammary skin, the mammary gland, and the teats of cow, horse, sheep, and goat

In the present work, the mammary gland, its skin and the teats of cow, horse, sheep, and goat are investigated by light- and electron microscopic means.

skin of the mammary gland

This area of the skin is covered by an epidermis of varying thickness and an stratum granulosum, consisting of three layers. Because of morphologic peculiarities one has to differentiate additionally the sulcus intermammaris in the horse, the sulcus intermammaris and the sinus inguinalis in the sheep and the sinus inguinalis in the goat. In the horse, the epidermis of the sulcus intermammaris distinguishes itself by the immense thick stratum corneum and very large keratinocytes, the nearly complete absence of typical keratohyaline granules in the stratum granulosum, and the extreme slim and high dermal papillae.

The arrector pili muscle is most distinctly developed in the cow and in the goat in the sinus inguinalis. It is most numerous in the horse.

The horse displays very large sebaceous glands consisting of prominent gland cells. The lobules of this gland are always located at both sides of the hair. While the bovine apocrine sweat gland is composed of only few and dilated tubuli, there are a considerable large number of acini in the horse. In the horse, intraglandular lymphatic capillaries appear. Sheep and goat occupy a central position with respect to the diameter of the acini. The thick layer of apocrine sweat glands in the sinus inguinalis of the goat deserves special consideration. In horse and sheep, these cells frequently show a striking morphokinesis and apical projections. Moreover, a melanin pigmentation is apparent in some gland cells of the horse sulcus intermammaris. In the sulcus intermammaris of the sheep, a sinus exists, from which the excretory duct escapes. In all species investigated the excretory duct runs in the vicinity of the sebaceous gland and empties either in a pore near the hair on the skin surface or into the proximal part of the pilary follicle.

In the dermis, the stratum superficiale is composed of more delicate collagen fibres than the stratum profundum. In the superficial zone of the stratum profundum, some arteriovenous anastomoses are specialised to HOYER-GROSSER organs (glomus organs). Lymph vessels flow in considerable numbers around neurovascular bundles in the horse.

mammary gland tissue

In all the species investigated, the active lactocytes contain a well developed synthesis equipment. The size and the shape of the cells depends on the current stage of secretion and the shape of the alveoli.

Predominately, the smooth oval nucleus displays a nucleolus. All of the mitochondria are of the Crista-type. Partly, the apical cell membrane forms small microvilli and in horse, sheep and goat infoldings between two adjacent alveolar cells. In the cow, a distinct folding of the basal plasma membrane takes place. This is opposite to the fine membrane that is found in the horse and the

goat. However, in the sheep, no basal labyrinth exists, but only microvillus-like protrusions are found on the basal pole of the dark involuting cells. In the sheep, lactocytes present no polarization of organelles, but lateral interdigitations and intracellular residual bodies.

During colostrogenesis of the horse, bright and dark cells are visible in the alveolar epithelium. Both cells contain remarkably large and complex proteins.

Also during the involution, bright and dark cells are found in the horse, goat and sheep. The cytoplasm of the latter structures is poor in cellular organelles and seems to be condensed and shrunken. In two horses, crystalline inclusions appear in some bright cells.

In all species the myoepithelial cells exhibit a myofibrill dense cytoplasm which is poor in organelles and contains dense bodies and hemidesmosomes. In gestation, apoptotic bodies occur in the ovine alveolar cells. The myoepithelium appears darker and more folded in the horse.

In general, polymorphnuclear leukocytes, lymphocytes, and macrophages are situated within the alveolar epithelium.

The histologic characteristics of the double layer epithelium of the intralobular milk ducts are similar in all presented species. The superficial cells possess microvilli. The deeper located cells demonstrate microfilaments, intercellular interdigitations, and wide intercellular spaces. Only in the horse, ceroid is found to be deposited intracellularly in the epithelial cells of the lactiferous duct or intraalveolar and extraalveolar in the parenchyma of the mammary gland.

The milk contains lactocytes, neutrophilic granulocytes, lymphocytes, and macrophages. In addition, fat, protein particles, and cellular fragments are observed in considerable numbers as well as some separate mitochondria, especially in the horse. In the non-lactating period, many condensed alveolar cells desquamate without any fragmentation.

Corpora amylacea are present in the lactating and non-lactating tissue, both in intraalveolar and extraalveolar position as concentric stratified structures. However, it does not occur in lactiferous ducts, but in periductal lobules of the teat of the sheep.

The vascular endothelium of the blood capillaries of all species studied forms pseudopodial extensions of various lengths. Only the sheep shows simultaneously common capillaries of the continuous type. In the horse, a great number of lymph vessels, mostly equipped with valves, lie in the extraalveolar connective tissue.

teat

In the cow, a flat papillary layer is developed in the hairy skin at the base of the teat. The epidermis of the horse is characterized by an increased thickness, that mainly results from a thick stratum spinosum. In this layer, small deeply located cells and larger apical cells can be distinguished. Tall dermal papillae and numerous smooth muscle cells lie below the epithelium. The muscle cells extend partly to the sweat gland acini.

The thin epidermis and the special construction of the apocrine sweat glands, whose acini surround the hair root totally, are remarkable in the integumentum commune of the sheep teat. In addition, a sinus occurs, from which the excretory duct traverses to a pore on the skin surface. The same relationships are valid for the goat. In this species, the epidermis consists of small cells. Besides the arrector pili muscle, a great number of smooth muscle cells appear.

Excluding the horse, the investigated species all have numerous vessels within the middle layer

of the teat. The vessels nearly form a circle in the cow and sheep. The veins are thick walled due to the presence of muscle cells in the tunica intima. Additionally, the veins are partly equipped with complex constructed valves.

Furthermore, countless smooth muscle cells appear, single or arranged in bundles. Around the ductus papillaris the muscle cells condense, especially in cow and sheep. Lymphatic vessels have a medium low frequency and density in this tissue area.

The double layer epithelium of the lactiferous sinus covers the structural folds and comes down like a "saw blade" in the horse. Half of the horses possess an intracellular accumulation of ceroids. Regularly, subepithelial located melanin granules occur in the sheep. Only goats and sheep have compact periductal lobules, which mostly open in the lactiferous sinus or in two to three excretory ducts in the teat canal. Particularly, the rosette of FÜRSTENBERG is strongly developed in the sheep. In two horses, three teat cisterns are identified.

The normal abrupt change of the epithelium from the sinus lactifer to the ductus papillaris performs gradually in the horse. Moreover, in this species no stratum corneum can be observed in the ductular epithelium. The horny squams of the stratum corneum occurs in the sheep milk of the sinus lactifer. In the cow, sheep, and goat the stratum granulosum is considerably thick. The entire epithelium rests on slim papillae of the corpus papillare. In the horse, the papillae come into appearance only at the lower half of the teat canal and branch out toward the ostium papillare. The sphincter papillae muscle is lacking in the horse.

7. LITERATURVERZEICHNIS

1. ABDUL AWAL, M., M. MATSUMOTO, Y. TOYOSHIMA u. H. NISHINAKAGAWA (1996): Ultrastructural and morphometrical studies on the endothelial cells of arteries supplying the abdomino-inguinal mammary gland of rats during the reproductive cycle. *J. Vet. Med. Sci.* 58, 29-34
2. ABDULSALAM, M. (1993): Zum Verhalten der Mastzellen im Eutergewebe bei der Mastitis des Rindes. Leipzig, Univ. Veterinärmed. Fak. Diss.
3. ADAM, H., u. G. CZIHAK (1964): Arbeitsmethoden der makroskopischen und mikroskopischen Anatomie. Verlag Fischer, Stuttgart
4. ADAMIKER, D., u. E. GLAWISCHNIG (1967): Elektronenmikroskopische Untersuchungen an der Schweinemilchdrüse. Teil I: Befunde an Drüsen virgineller, gravider und laktierender Tiere. *Wien. Tierärztl. Monatsschr.* 54, 507-518
5. ADAMS, E., C. RICKARD u. J. MURPHY (1961): Some histological and histochemical observations on bovine teat epithelium. *Cornell Vet.* 51, 124-154
6. ADAMS, T., u. W. HUNTER (1969): Modification of skin mechanical properties by eccrine sweat glands activity. *J. Appl. Physiol.* 26, 417-419
7. AKERS, R., u. W. THOMPSON (1987): Effect of induced leucocyte migration on mammary cell morphology and milk component biosynthesis. *J. Dairy Sci.* 70, 1685-1695
8. ALBONE, E. (1977): Ecology of mammals - a new focus for chemical research. *Chem. Brit.* 13, 92-99
9. ALEKSEEV, N., A. MARKOV u. Y. TOLKUNOV (1992): Transepithelial potential difference in the goat mammary gland and its change during hand milking, and administration of oxytocin and catecholamines. *J. Dairy Res.* 59, 469-478
10. AMAKIRI, S. (1973): A comparative study of the thickness of the stratum corneum in Nigerian breeds of cattle. *Brit. Vet. J.* 129, 277-281
11. AMAKIRI, S., S. OZOYA u. P. OGUNNAIKE (1978): Nerves and nerve endings in the skin of tropical cattle. *Acta anat.* 100, 391-399
12. ANDRES, K.-H., u. M. VON DÜRING (1977): Die Haut als Sinnesorgan. in: FERNER, H. (Hrsg.): *Lehrbuch der Anatomie des Menschen*. Verlag Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Bd. 3, S. 449-462
13. AOKI, T., S. KIMURA u. M. WADA (1959): On the responsiveness of the sweat glands in the horse. *J. Invest. Dermatol.* 33, 441-443
14. APPLEMAN, R. (1969): In vivo determination of teat streak canal anatomy. *J. Dairy Sci.* 52, 929
15. APPLEMAN, R. (1973): Subjective evaluation of teat canal anatomy. *J. Dairy Sci.* 56, 411-413
16. ARNOLD, J., u. A. WEBER (1977): Occurrence and fate of corpora amylacea in the bovine udder. *Am. J. Vet. Res.* 38, 879-881
17. AUGSBURGER, H. (1985): Elektronenmikroskopische Untersuchungen der Milchdrüseninvolution bei Ziegen. *Zentralbl. Vet. Med. A* 32, 337-355
18. AUGSBURGER, H. (1987): Elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Differenzierung des Milchdrüsenparenchyms bei Ziegen während der Trächtigkeit und Früh-laktation. *Zentralbl. Vet. Med. A* 34, 529-544
19. AZZARA, C., u. P. DIMICK (1985): Lipolytic enzyme activity of macrophages in bovine mammary gland secretions. *J. Dairy Sci.* 68, 1804-1812
20. BADEN, H. (1989): Keratin. in: GREAVES, M., u. S. SHUSTER: *Pharmacology of the skin*. Hdb. exp. Pharmacol., Verlag Springer, Berlin, S. 31-44
21. BARGMANN, W. (1977 a): Das Kreislauf- und Abwehrsystem. in: BARGMANN, W.: *Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen*. 7. Aufl. Verlag Thieme, Stuttgart, S. 228-318

22. BARGMANN, W. (1977 b): Haut. in: BARGMANN, W.: Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. 7. Aufl. Verlag Thieme, Stuttgart, S. 590-630
23. BARGMANN, W., u. A. KNOOP (1959): Über die Morphologie der Milchsekretion. Licht- und elektronenmikroskopische Studien an der Milchdrüse der Ratte. Z. Zellforsch. 49, 344-388
24. BÄRISWYL, K. (1960): Das Lymphsystem und seine Beziehungen zur Fettspeicherung und zum Fetttransport in der Rindermilchdrüse. Bern, Univ. Veterinärmed. Fak. Diss.
25. BÄSSLER, R., A. SCHÄFER u. S. PAEK (1967): Elektronenmikroskopische und histochemische Untersuchungen zur Morphologie und Funktion myoepithelialer Zellen. Verh. Dtsch. Ges. Path. 51, 301-307
26. BAUM, H. (1912): Lymphgefäße des Euters. in: BAUM, H.: Das Lymphgefäßsystem des Rindes. Verlag Hirschwald, Berlin, S. 157
27. BAUM, H. (1927): Die Lymphgefäße des Euters der Haustiere (Rind, Pferd, Schwein und Hund). Dtsch. tierärztl. Wochenschr. 35, 413-415
28. BAUMGARTNER, W., A. PERNTNER u. G. EIBL (1992): Einfluß der Laktationsperiode auf den Zellgehalt von Schafmilch. Dtsch. tierärztl. Wochenschr. 99, 213-216
29. BECCARI, N. (1909): Sullo sviluppo delle ghiandole sudoripare e sebacee nella pecora. Arch. Ital. Anat. Embr. 8, 271-291
30. BEEMS, R., E. GRUYS u. B. SPIT (1978): Amyloid in the corpora amylacea of the rat mammary gland. Vet. Pathol. 15, 347-352
31. BELL, F., u. C. EVANS (1956): Sweating and the innervation of sweat glands in the horse. J. Physiol. 133, 67P
32. BELL, F., u. C. EVANS (1957): The relation between sweating and the innervation of sweat glands in the horse. J. Physiol. 134, 421-426
33. BELL, M., u. W. MONTAGNA (1972): Innervation of sweat glands in horses and dogs. Brit. J. Dermatol. 86, 160-163
34. BELLMAN, S., u. B. ODEN (1957): Experimental micro-lymphangiography. Acta radiol. 47, 289-307
35. BENDA, V. (1993): Immunologie der Milchdrüse beim Rind. Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 106, 181-183
36. BENTIVOGLIO, F. (1986): Histologische und histochemische Untersuchungen zur Anbildung der Milchdrüse bei trächtigen Ziegen. Schw. Arch. Tierheilk. 128, 42
37. BERENS VON RAUTENFELD, D., D. LUBACH, J. WENZEL-HORA, J. KLANKE u. C. HUNNESHAGEN (1987): New techniques of demonstrating lymph vessels in skin biopsy specimens and intact skin with scanning electron microscope. Arch. Dermatol. Res. 279, 327-334
38. BERG, R. (1995): Bauch, Abdomen. in: BERG, R. (Hrsg.): Angewandte und topographische Anatomie der Haustiere. 4. Aufl. Verlag Fischer, Jena, Stuttgart, S. 223-336
39. BERNABE', J., u. G. PEETERS (1980): Studies on the motility of smooth muscles of the teats in lactating cows. J. Dairy Res. 47, 259-275
40. BERNATECK, M., L. JONAS u. W. DIEZEL (1996): Histochemical, immunohistochemical and structural studies on the action of glucocorticoids on epidermal Langerhans cells (ELC) of murine skin. Acta histochem. 98, 101-106
41. BINDER, C. (1986): Untersuchungen zur subklinischen Mastitis der Ziege unter besonderer Berücksichtigung der *Micrococcaceae*. Gießen, Univ. Fachber. Veterinärmed. Diss.
42. BISCHKO, J. (1988): Pathophysiologische Basis. in: BISCHKO, J. (Hrsg.): Akupunktur für mäßig Fortgeschrittene. Verlag Haug, Heidelberg, S. 11-12
43. BITMAN, J., D. WOOD, S. BRIGHT u. R. MILLER (1988): Lipid composition of bovine teat canal keratin. J. Dairy Sci. 71, 1389-1395
44. BLACKBURN, P. (1956): The periductal lobules of the bovine mammary gland. Brit. Vet. J. 112, 366-369

45. BLANK, C. (1996): Die Interaktion von epidermalen Langerhanszellen mit *Leishmania major* Parasiten und Lymphozyten. Erlangen-Nürnberg, Univ. Naturwissensch. Fak. Diss.
46. BLIGH, J. (1961): Synchronous discharge of apocrine sweat glands of the Welsh Mountain sheep. Nature 189, 582-583
47. BÖCK, P. (1980): Feinstruktur und Innervation der arteriovenösen Anastomosen (AVAs). Wien. klin. Wochenschr. 92, 179-187
48. BOMMELI, W. (1972): Die Ultrastruktur der Milchdrüsenalveole des Rindes, insbesondere die Basalfalten des Epithels und der Mitochondrien-Desmosomen-Komplex. Zentralbl. Vet. Med. C 1, 299-325
49. BONNET, R. (1887): Haut und Anhänge. in: ELLENBERGER, W.: Vergleichende Histologie der Haussäugethiere. Verlag Parey, Berlin, S. 381-450
50. BOS, J., M. TEUNISSE u. M. KAPSENBERG (1988): Dendritic cells of the skin immune system. in: THIVOLET, J., u. D. SCHMITT: The Langerhans cell. Verlag John Libbey, London, Paris, S. 9-18
51. BOSTEDT, H., u. K. DEDIE (1996): Erkrankungen des Euters. in: BOSTEDT, H., u. K. DEDIE: Schaf- und Ziegenkrankheiten. Verlag Ulmer, Stuttgart, S. 439-462
52. BOTCHKAREV, V., S. EICHMULLER, E. PETERS, P. PIETSCH, O. JOHANSSON, M. MAURER u. R. PAUS (1997): A simple immunofluorescence technique for simultaneous visualization of mast cells and nerve fibers reveals selectivity and hair cycle-dependent changes in mast cell-nerve fiber contacts in murine skin. Arch. Dermatol. Res. 289, 292-302
53. BOUCHER, Y., S. ROBERGE u. P. ROY (1985): Ultrastructural comparative study on lymphatic capillaries of the subendocardium, myocardium, and subepicardium of the heart left ventricle. Microvasc. Res. 29, 305-319
54. BOURLOND, A. (1976): Cutaneous innervation. J. Invest. Dermatol. 67, 106-109
55. BOWKER, R., A. BREWER, K. VEX, L. GUIDA, K. LINDER, I. SONEA u. A. STINSON (1993): Sensory receptors in the equine foot. Am. J. Vet. Res. 54, 1840-1844
56. BRAMLEY, A. (1992): Machine milking and lactation. Insight books, Berkshire, Vermont
57. BREATHNACH, A. (1980): Branched cells the epidermis: an overview. J. Invest. Dermatol. 75, 6-11
58. BRITT, A., C. COTTON, B. KELLETT, I. PITMAN u. J. TRASK (1985): Structure of the epidermis of Australian Merino sheep over a 12-month period. Aust. J. Biol. Sci. 38, 165-174
59. BRODY, L. (1968): The epidermis. in: JADASSOHN, J.: Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, Bd. 1, S. 1-142
60. BROOKER, B. (1980): The epithelial cells and cell fragments in human milk. Cell Tiss. Res. 210, 321-332
61. BROOKER, B. (1983): Pseudopod formation and phagocytosis of milk components by epithelial cells of the bovine mammary gland. Cell Tiss. Res. 229, 639-650
62. BROOKER, B. (1984): An ultrastructural study of the sinus epithelium in the mammary gland of the lactating ewe. J. Anat. 138, 287-296
63. BRUNNER, U. (1969): Das Lymphödem der unteren Extremitäten. Verlag Huber, Bern, Stuttgart
64. BUCANAN, C., C. MUNN, M. SONG, K. DUNN u. M. KRIPKE (1992): Internalization of Ia molecules into Birbeck granule-like structures in murine dendritic cells. J. Invest. Dermatol. 94, 365-373
65. BUCHER, O., u. H. WARTENBERG (1997 a): Geschlechtsapparat. in: BUCHER, O., u. H. WARTENBERG (Hrsg.): Cytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. 12. Aufl. Verlag Huber, Bern, Göttingen, S. 347-392
66. BUCHER, O., u. H. WARTENBERG (1997 b): Haut und Anhangsgebilde. in: BUCHER, O., u. H. WARTENBERG (Hrsg.): Cytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. 12. Aufl. Verlag Huber, Bern, Göttingen, S. 401-416

67. BUCHER, O., u. H. WARTENBERG (1997 c): Verdauungsapparat. in: BUCHER, O., u. H. WARTENBERG (Hrsg.): Cytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. 12. Aufl. Verlag Huber, Bern, Göttingen, S. 261-308
68. BUDRAS, K.-D., u. S. RÖCK (1991): Becken mit Leistengegend sowie Harn- und Geschlechtsorgane. in: BUDRAS, K.-D., u. S. RÖCK (Hrsg.): Atlas der Anatomie des Pferdes. Schlütersche Verlagsanstalt und Druckerei, Hannover, S. 66-80
69. BURMEISTER, J., L. FOX, J. HILLERS u. D. HANCOCK (1998): A comparison of two methods of evaluation of teat skin pathology. *J. Dairy Sci.* **81**, 1904-1909
70. BURVENICH, C., G. VANDEPUTTE-VAN MESSOM, R. HEYNEMAN, A. MASSART-LEEN, E. ROETS, J. FABRY u. E. KÜHN (1988): The mammary glands as model for the study of local and systemic inflammatory reactions. in: 4. Kongr. Eur. Ass. Vet. Pharmacol. Toxicol., Budapest 1988, Kongr.ber., S. 1-9
71. BURVENICH, C., A. GUIDRY u. M. PAAPE (1996): Natural defence mechanisms of the lacting and dry mammary gland. in: 3. Int. Mastitis Seminar, Tel Aviv 1996, Kongr.ber., S. 3-10
72. CALHOUN, M., u. A. STINSON (1987): Integument. in: DELLMANN, H.-D., u. E. BROWN (Hrsg.): Textbook of veterinarian histology. Lea and Febiger, Philadelphia, S. 382-415
73. CAMPBELL, B., R. PORTER u. W. PETERSEN (1950): Plasmacytosis of the bovine udder during colostrum secretion and experimental cessation of milking. *Nature* **166**, 193
74. CAMPBELL, T., u. T. HEATH (1973): Intrinsic contractility of lymphatics in sheep and in dogs. *Quart. J. Exp. Physiol.* **58**, 207-217
75. CAPUCO, A., D. WOOD, S. BRIGHT, R. MILLER u. J. BITMAN (1990): Regeneration of teat canal keratin in lacting dairy cows. *J. Dairy Sci.* **73**, 1745-1750
76. CAPUCO, A., S. BRIGHT, J. PANKEY, D. WOOD, R. MILLER u. J. BITMAN (1992): Increased susceptibility to intramammary infection following removal of teat canal keratin. *J. Dairy Sci.* **75**, 2126-2130
77. CAPUCO, A., G. MEIN, S. NICKERSON, L. JACK, D. WOOD, S. BRIGHT, R. ASCHENBRENNER, R. MILLER u. J. BITMAN (1994): Influence of pulsationsless milking on teat canal keratin and mastitis. *J. Dairy Sci.* **77**, 64-74
78. CASLEY-SMITH, J. (1983): The structure and functioning of the blood vessels, interstitial tissues, and lymphatics. in: FÖLDI, M., u. J. CASLEY-SMITH (Hrsg.): Lymphangiologie. Verlag Schattauer, Stuttgart, New York, S. 27-164
79. CASLEY-SMITH, J., E. FÖLDI-BÖRCSÖK u. M. FÖLDI (1974): Fine structural aspects of lymphoedema in various tissues and the effect of treatment with cumarin and troxerutin. *Brit. J. Exp. Path.* **55**, 88-93
80. CASTENHOLZ, A. (1984 a): Morphological characteristics of initial lymphatics in the tongue as shown by scanning electron microscopy. *Scanning Electron Microsc.* **3**, 1343-1352
81. CASTENHOLZ, A. (1984 b): Strukturbild und Wirkungsweise der initialen Lymphbahn. *Lymphology* **18**, 55-64
82. CAULFIELD, J. (1957): Effects of varying the vehicle for osmic acid in tissue fixation. *J. Biophys. Biochem. Cytolog.* **3**, 827-829
83. CHANDLER, R., A. LEPPER u. J. WILCOX (1969): Ultrastructural observations on the bovine teat duct. *J. Comp. Pathol.* **79**, 315-319
84. CHRIST, F. (1905): Untersuchungen über die Muskulatur und das elastische Gewebe in der Milchdrüse der Haustiere. Gießen, Univ. Fachber. Veterinärmed. Diss.
85. CHRISTOPHERS, E., C. SCHUBERT u. M. GOOS (1989): The epidermis. in: GREAVES, M., u. S. SHUSTER (Hrsg.): Pharmacology of the skin. Verlag Springer, Berlin, S. 3-30
86. CLARA, M. (1956): III. Morphologie der arterio-venösen Anastomosen. in: CLARA, M.: Die arterio-venösen Anastomosen. Anatomie, Biologie, Pathologie, 2. Aufl. Verlag Springer, Wien, S. 175-245

87. COLITTI, M., B. STEFANO u. C. WILDE (1999): Apoptotic cell death, bax and bcl-2 expression during sheep mammary gland involution. *Anat. Histol. Embryol.* **28**, 257-264
88. COLLINS, R., K. PARSONS u. A. BLAND (1986): Antibody-containing cells and specialised epithelial cells in the bovine teat. *Res. Vet. Sci.* **41**, 50-55
89. COLTON, S., u. D. DOWNING (1985): The time-course of lipid biosynthesis in horse skin. *Biochim. Biophys. Acta* **836**, 306-311
90. COMALLI, E., R. EBERHART, L. GRIEL u. H. ROTHENBACHER (1984): Changes in the microscopic anatomy of the bovine teat canal during mammary involution. *Am. J. Vet. Res.* **45**, 2236-2242
91. COMURI, N. (1972): Untersuchungen über zyklusabhängige Strukturveränderungen am distalen Gangsystem der Milchdrüse des Rindes. Gießen, Univ. Fachber. Veterinärmed. Diss.
92. CONCHA, C., O. HOLMBERG u. G. ASTRÖM (1986): Cells found in non-infected and staphylococcus-infected bovine mammary quarters and their ability to phagocytose fluorescent microspheres. *Zentralbl. Vet. Med. B* **33**, 371-378
93. COTTON, D., u. P. VAN HASSELT (1972): Innervation of sweat glands in horses and dogs. *Brit. J. Dermatol.* **87**, 80
94. COTTON, D., P. VAN HASSELT u. A. BERGERS (1975 a): Electron microscopy of the sweat glands from the hairy skin of the beagle. *Brit. J. Dermatol.* **93**, 348-349
95. COTTON, D., P. VAN HASSELT u. A. BERGERS (1975 b): Nature of the sweat glands of the beagle. *Brit. J. Dermatol.* **93**, 75-85
96. CREED, R. (1958): The histology of mammalian skin, with special reference to the dog and cat. *Vet. Rec.* **70**, 171-175
97. DAGLIOGLU, S. (1986): Studies on the microscopic structure of mammary glands of cows, sheep and dog in the period of lactation and involution. Istanbul, Univ. Veteriner Fak. Dergisi **10**, 55-82
98. DALY, C. (1982): Biomechanical properties of dermis. *J. Invest. Dermatol.* **79**, 17-20
99. DAROCZY, J. (1984): New structural details of dermal lymphatic valves and their functional interpretation. *Lymphology* **17**, 54-60
100. DE SAA ALVAREZ, P. (1997): Oberflächendichte und Volumendichte der Langerhanszellen der menschlichen Epidermis. Saarbrücken, Univ. Dermatol. Klinik Diss.
101. DIXON, F., W. WEIGLE u. J. VAZQUEZ (1961): Metabolism and mammary secretion of serum proteins in the cow. *Lab. Invest.* **10**, 216-237
102. DOBBERSTEIN, J., u. T. KOCH (1958): Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. Verlag Hirzel, Leipzig, Bd. 3, S. 205-220
103. DOGGWEILER, R., u. E. HESS (1983): Zellgehalt in der Milch ungeschädigter Euter. *Milchwissensch.* **38**, 5-9
104. DOSKOCIL, M. (1984): Development of conrements in the human pineal body. *Folia Morph.* **32**, 16-26
105. DOUGLAS DAVIES, J. (1974): Human colostrum cells: their relation to periductal mononuclear inflammation. *J. Pathol.* **112**, 153-160
106. DOWNING, D., u. S. COLTON (1980): Skin surface lipids of the horse. *Lipids* **15**, 323-327
107. DOWNING, D., u. J. LINDHOLM (1982): Skin surface lipids of the cow. *Comp. Biochem. Physiol.* **73B**, 327-330
108. DOWNING, D., u. J. STRAUSS (1982): On the mechanism of sebaceous secretion. *Arch. Dermatol. Res.* **272**, 343-349
109. DU PREEZ, J. (1979): Scanning electron microscopy-aided observations on and therapy of teat canal infections. *Onderstepoort J. Vet. Res.* **46**, 231-234
110. DUKES, H. (1970): Physiology of domestic animals. Comstock publishing associates, New York, Ithaca

111. DULIN, A., M. PAAPE, W. SCHULTZE u. B. WEINLAND (1983): Effect of parity, stage of lactation, and intramammary infection on concentration of somatic cells and cytoplasmatic particles in goat milk. *J. Dairy Sci.* 66, 2426-2433
112. DUNN, R. (1946): A hemoglobin stain for histologic use based on the cyanol-hemoglobin reaction. *Arch. Pathol.* 41, 676-677
113. DYCE, K., W. SACK u. C. WENSING (1991 a): Becken und Geschlechtsorgane des Pferdes. in: DYCE, K., W. SACK u. C. WENSING: *Anatomie der Haustiere*. Verlag Enke, Stuttgart, S. 570-590
114. DYCE, K., W. SACK u. C. WENSING (1991 b): Das Euter der Wiederkäuer. in: DYCE, K., W. SACK u. C. WENSING: *Anatomie der Haustiere*. Verlag Enke, Stuttgart, S. 747-756
115. EHRENBRAND, F. (1962): Licht- und elektronenmikroskopische sowie chemohistologische Untersuchungen an der laktierenden Milchdrüse. *Fortsch. Med.* 80, 711-716
116. EHRENBRAND, F. (1964): Beiträge zur Orthologie der laktierenden Milchdrüse. Teil I. *Acta histochem.* 18, 1-50
117. EL HAGRI, M. (1945 a): The arterial system of the udder of the cow. *Vet. J.* 101, 75-88
118. EL HAGRI, M. (1945 b): Study of the arterial and lymphatic systems in the udder of the cow. *J. Amer. Vet. Med. Ass.* 101, 27-33
119. EL-LABBAN, N. (1982): The nature of Langerhans cell granules: an ultrastructural study. *Histopathol.* 6, 317-325
120. ELDER, H., D. McE. JENKINSON u. I. MONTGOMERY (1977): Structural changes in the glands during sweating in ungulates. *J. Physiol.* 273, 39P-40P
121. ELIAS, P. (1981): Lipids and the epidermal permeability barrier. *Arch. Dermatol.* 117, 95-117
122. ELIAS, P. (1983): Epidermal lipids, barrier function, and desquamation. *J. Invest. Dermatol.* 80 (Suppl.), 44s-49s
123. ELIAS, P. (1989): The stratum corneum as an organ of protection: old and new concepts. *Curr. Probl. Dermatol.* 18, 10-21
124. ELLENBERGER, W. (1906): *Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere*. Verlag Parey, Berlin
125. ELLENBERGER, W., u. H. BAUM (1943 a): Die allgemeine Decke des Pferdes. in: ELLENBERGER-BAUM: *Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere*. 18. Aufl. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, S. 1045-1056
126. ELLENBERGER, W., u. H. BAUM (1943 b): Die allgemeine Decke der Wiederkäuer. in: ELLENBERGER-BAUM: *Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere*. 18. Aufl. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, S. 1056-1065
127. ELLENBERGER, W., u. H. BAUM (1974): Das Euter des Pferdes. in: ELLENBERGER-BAUM: *Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere*. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, S. 1046-1047
128. EMERMAN, J., u. W. VOGL (1986): Cell size and shape changes in the myoepithelium of the mammary gland during differentiation. *Anat. Rec.* 216, 405-415
129. EVANS, C., A. NISBET u. K. ROSS (1957): A histological study of sweat glands of normal and dry-coated horses. *J. Comp. Pathol.* 67, 397-405
130. EVANS, M. (1973): Sensory receptors in the sheep's foot. *J. Physiol.* 235, 355-369
131. FEGELER, F., u. M. RAHMANN-ESSER (1981): Autoradiographische Untersuchungen zum Protein- und RNS-Stoffwechsel der normalen menschlichen Haut. *Arch. klin. exp. Dermatol.* 223, 225-262
132. FELDMANN, F. (1961): Fine structure of the cow's udder during gestation and lactation. *Lab. Invest.* 10, 238-255
133. FINDLAY, J., u. S. YANG (1948): Capillary distribution in cow skin. *Nature* 161, 1012-1019

134. FINDLAY, J., u. S. YANG (1951): The sweat glands of airshire cattle. *J. Agric. Sci.* 40, 126-133
135. FINDLAY, J., u. C. GROSRENOV (1969): The role of mammary gland innervation of the motor apparatus of mammary gland. *Dairy Sci. Abstr.* 31, 109-116
136. FITZPATRICK, T., G. SZABO u. M. WICK (1983): Biochemistry and physiology of melanin pigmentation. in: GOLDSMITH, L.: *Biochemistry and physiology of the skin*. Oxford Univ. Press, New York, Bd. 1, S. 687-712
137. FLIEGER, S., J. WELENTO, Z. BORATYNSKI, R. EUSTACHIEWICZ, M. SZALAK, J. KRZYZANOWSKI u. J. SLAWOMIRSKI (1979): Experimental studies on localization of the nerve centres of the mammary gland in the cow. *Annales Univ. Mariae Curie Sklodowska, Section DD* 34, 47-60
138. FLOHE', S. (1997): Die Rolle von epidermalen Langerhanszellen als antigenpräsentierende Zellen in der experimentellen kutanen Leishmaniasis. Würzburg, Univ. Med. Fak. Diss.
139. FLOREY, H. (1926): Observations on the contractility of lacteals. Part 1, *J. Physiol.* 62, 267-272
140. FORREST, J., M. FLEET u. G. ROGERS (1985): Characterization of melanocytes in wool-bearing skin of Merino sheep. *Aust. J. Biol. Sci.* 38, 245-257
141. FÖRSTER, B. (1993): Unterschiede in Anzahl, Morphologie und Verteilung von Langerhanszellen in normaler Haut, Naevuszellnaevus und Melanomen. Würzburg, Univ. Med. Fak. Diss.
142. FRANK, W. (1981): Der somatische Zellgehalt der Milch. *Milchprax.* 19, 103-104
143. FRITSCH, P. (1990): Aufbau und Funktion der normalen Haut. in: FRITSCH, P.: *Dermatologie*. 3. Aufl. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, S. 3-32
144. FRITSCH, P. (1994): Haut. in: BENNINGHOFF, A. (DRENKHAHN, D., u. W. ZENKER, Hrsg.): *Makroskopische Anatomie, Embryologie und Histologie des Menschen*. Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Bd. 2, S. 793-811
145. FÜRSTENBERG, M., u. F. FÜRSTENBERG (1868): *Die Milchdrüse der Kuh*. Verlag Engelmann, Leipzig, S. 22-23
146. GANS, O., u. G. STEIGLEDER (1957): *Histologie der Hautkrankheiten*. Verlag Springer, Berlin, Göttingen, Bd. 2, S. 479-480
147. GAYE, P., L. HOUEBINE, G. PETRISSANT u. R. DENAMUR (1973): Protein synthesis in mammary glands. *Karolinska symposia on research methods in reproductive endocrinology*, S. 426-448
148. GEDEK, W. (1992): Anforderungen und Bedingungen der Qualitätssicherung für Rohmilch in der EG ab 1993. in: *Aktuelles zur Mastitis und zur Milchqualität*, Berlin 1992, Tagungsbeitr., S. 60-68
149. GENESER, F. (1987): Endokrine Drüsen. in: GENESER, F.: *Farbatlas der Histologie*. Dtsch. Ärzte-Verlag, Köln, S. 155-165
150. GENESER, F. (1990 a): Kreislaufsystem. in: GENESER, F.: *Histologie*. Dtsch. Ärzte-Verlag, Köln, S. 317-344
151. GENESER, F. (1990 b): Verdauungssystem. in: GENESER, F.: *Histologie*. Dtsch. Ärzte-Verlag, Köln, S. 395-469
152. GENESER, F. (1990 c): Fortpflanzungssystem. in: GENESER, F.: *Histologie*. Dtsch. Ärzte-Verlag, Köln, S. 561-627
153. GERISCH, M.-L. (1977): Morphologie und Funktion der schlauchförmigen Drüsen in der behaarten Haut des Rindes unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung für die Thermoregulation. Hannover, Tierärztl. Hochsch. Diss.
154. GERLACH, B., A. STEIN, R. FISCHER, G. WOZEL, D. DITTERT u. G. RICHTER (1998): Langerhanszell-Histiozytose im Alter. *Hautarzt* 49, 23-30
155. GERLI, R. (1989): Morphometric analysis of elastic fibers in human skin lymph capillaries. *Lymphology* 22, 167-172

156. GEYER, H., S. RAHM, H. AUGSBURGER u. T. BALCER (1984): Histologische Verlaufsuntersuchungen zur Involution der Milchdrüse von Ziegen und Schweinen. *Acta anat.* 120, 246
157. GEYER, H., L. GIESE u. F. BENTIVOGLIO (1986 a): Vergleichende Betrachtung zur Anbildung der Milchdrüse bei Schwein und Ziege. *Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr.* 99, 176-180
158. GEYER, H., S. OETTLI-RAHM u. H. AUGSBURGER (1986 b): Zur Involution der Milchdrüse bei Ziegen. *Zentralbl. Vet. Med. A* 33, 451-473
159. GHADIALLY, F. (1993 a): Nucleus. in: GHADIALLY, F.: *Ultrastructural pathology of the cell and matrix*. 4. Aufl. Butterworth-Heinemann, Boston, Oxford, Bd. 1, S. 1-184
160. GHADIALLY, F. (1993 b): Mitochondria. in: GHADIALLY, F.: *Ultrastructural pathology of the cell and matrix*. 4. Aufl. Butterworth-Heinemann, Boston, Oxford, Bd. 1, S. 195-342
161. GHADIALLY, F. (1993 c): Intracytoplasmatic filaments. in: GHADIALLY, F.: *Ultrastructural pathology of the cell and matrix*. 4. Aufl. Butterworth-Heinemann, Boston, Oxford, Bd. 2, S. 887-995
162. GHADIALLY, F. (1993 d): Cytoplasmic matrix and inclusions. in: GHADIALLY, F.: *Ultrastructural pathology of the cell and matrix*. 4. Aufl. Butterworth-Heinemann, Boston, Oxford, Bd. 2, S. 1013-1103
163. GHADIALLY, F. (1993 e): Crystalline inclusions. in: GHADIALLY, F.: *Ultrastructural pathology of the cell and matrix*. 4. Aufl. Butterworth-Heinemann, Boston, Oxford, Bd. 2, S. 1038-1045
164. GIESECKE, W., u. M. VILJOEN (1974): The diagnosis of subclinical mastitis in lactating cows. A comparison of cytological methods and monovalent radial immunodiffusion tests. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 41, 51-74
165. GLÄTTLI, H. (1924): *Anatomie des Venensystems des Kuheuters*. Zürich, Univ. Veterinärmed. Fak. Diss.
166. GNEPP, D. (1976): The bicuspid nature of the valves of the peripheral collecting lymphatic vessels of the dog. *Lymphology* 9, 75-77
167. GODYNICKI, S., M. FATH EL-BAB u. R. SCHWARZ (1985): Die Anordnung der Blutgefäße in der Haut beim Schwein zum Zeitpunkt der Geburt. *Zentralbl. Vet. Med. C* 14, 304-315
168. GOLDNER, J. (1938): A modification of the Masson trichrome technique for routine laboratory purpose. *Amer. J. Path.* 14, 237-243
169. GOLDSBERRY, S., u. M. CALHOUN (1959): The comparative histology of the skin of Hereford and Aberdeen Angus cattle. *Am. J. Vet. Res.* 20, 61-68
170. GONZALEZ-RODRIGUEZ, M., C. GONZALO, F. SAN PRIMITIVO u. P. CARMENES (1995): Relationship between somatic cell count and intramammary infection of the half udder in dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 78, 2753-2759
171. GONZALO, C., u. V. GAUDIOSO (1985): Evolution des types cellulaires du lait de brebis (race Churra) en fonction des dénombrements cellulaires totaux pendant la traite mécanique et manuelle. *Ann. Zootech.* 34, 257-264
172. GONZALO, C., J. CARRIEDO, J. GOMEZ, L. GOMEZ u. F. SAN PRIMITIVO (1994): Diurnal variation in the somatic cell count of ewe milk. *J. Dairy Sci.* 77, 1856-1859
173. GOREWIT, R., K. OSTENSSON, G. ÅSTROM u. K. SVENNERSTEN (1993): Flow and composition of afferent mammary gland lymph. *J. Dairy Sci.* 76, 1539-1543
174. GORGAS, K., P. BÖCK, F. TISCHENDORF u. S. CURRI (1977): The fine structure of human digital arterio-venous anastomoses (Hoyer-Grosser's organs). *Anat. Embryol.* 150, 269-289
175. GRAY, G. (1981): Keratinization and the plasma membrane of the stratum corneum. *Cell Front. Matrix Biol.* 9, 83-102
176. GROSSER, O. (1902): Über arterio-venösen Anastomosen an den Extremitätenenden beim Menschen und den krallentragenden Säugetieren. *Arch. mikr. Anat.* 60, 191-216

177. GRÜNFELD, Y.-F. (1964): Die Myoepithelzellen und die phosphatasehaltigen Strukturen der bovinen Milchdrüse. *Acta anat.* 58, 317-332
178. GUDDING, R., J. McDONALD u. N. CHEVILLE (1984): Pathogenesis of *Staphylococcus aureus* mastitis: bacteriologic, histologic, and ultrastructural pathologic findings. *Am. J. Vet. Res.* 45, 2525-2531
179. GUTTE, G. (1973): Zur Darstellung der Myoepithelzellen der Milchdrüse des Rindes (*Bos taurus* L.). *Acta histochem.* 45, 98-101
180. GUO, M., u. F. GRINELL (1989): Basement membrane and human epidermal differentiation in vitro. *J. Invest. Dermatol.* 93, 372-378
181. HABECK, J.-O., A. HONIG, C. HUCKSTORF u. C. PFEIFFER (1984): Arteriovenous anastomoses at the carotid bodies of rats. *Anat. Anz.* 156, 209-215
182. HABERMEHL, K.-H. (1996 a): Haut und Hautorgane der Wiederkäuer. in: NICKEL, R., A. SCHUMMER u. E. SEIFERLE: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*. 3. Aufl. Verlag Parey, Berlin, Hamburg, Bd. 3, S. 516-553
183. HABERMEHL, K.-H. (1996 b): Haut und Hautorgane des Perdes. in: NICKEL, R., A. SCHUMMER u. E. SEIFERLE: *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*. 3. Aufl. Verlag Parey, Berlin, Hamburg, Bd. 3, S. 553-576
184. HACKLÄNDER, T. (1972): *Die Vaskularisation der Haut der Haussäugetiere im Vergleich zum Menschen*. Hannover, Tierärztl. Hochsch. Diss.
185. HADWEN, S., u. R. GWATKIN (1939): The detection of abnormal cow's milk by microscopic methods. *Can. J. Res.* 17, 225-332
186. HALL, J., B. MORRIS u. G. WOOLLEY (1965): Intrinsic rhythmic propulsion of lymph in the unanaesthetized sheep. *J. Physiol.* 180, 336-349
187. HAM, A. (1974): *Histology*. Lippincot, Philadelphia
188. HAMADA, M., M. TAKECHI u. C. ITAKURA (1992): Langerhans' cells in equine cutaneous papillomas and normal skin. *Vet. Pathol.* 29, 152-160
189. HAMANN, J. (1992): Mastitisüberwachung auf der Grundlage zytologischer Befunde der Herdensammelmilch. in: *Aktuelles zur Mastitis und zur Milchqualität*. Berlin 1992, Tagungsbeitr., S. 97-111
190. HAMANN, J. (1993): Strategie der Mastitisbekämpfung. in: *Kongr. d. Dtsch. Veterinärmed. Ges. Fachgruppe „Milchhygiene“*, Leipzig 1993, Tagungsber., S. 112-123
191. HAMANN, J. (1997): Tiergesundheit und Milchqualität: Grundlagen des Verbraucherschutzes. *Forschung fürs Leben: Tiermedizin und Lebensmittelsicherheit*, S. 8-13
192. HAMANN, J., u. C. BURVENICH (1994): 1. Physiological status of the bovine teat. *Bull. Int. Dairy Fed.* 297, 3-12
193. HAMMERSEN, F. (1980): Endothel contractility - does it exist? in: ALTURA, B.: *Vascular endothelium and basement membranes*. Verlag Karger, Basel, München, Bd. 9, S. 95-134
194. HAMPL, A. (1965 a): Lymphonodi intramammarii der Rindermilchdrüse. II. Mikroskopisch-anatomische Verhältnisse. *Anat. Anz.* 117, 129-137
195. HAMPL, A. (1965 b): Lymphonodi intramammarii, neue Euterlymphknoten beim Rind. *Veterinarstvi* 15, 468-472
196. HAMPL, A. (1967): Die Lymphknoten der Rindermilchdrüse. *Anat. Anz.* 121, 38-54
197. HAMPL, A. (1968): Beitrag zur Frage der regionalen Zugehörigkeit der Intramammaryllymphknoten und ihrer Beziehung zu den Supramammaryllymphknoten beim Rind. *Acta univ. agricult.* 16, 293-298
198. HAMPL, A., u. P. JELINEK (1971): Die Lymphkapillaren der Zitzenhaut der Kuh. *Zentralbl. Vet. Med. A* 18, 341-346
199. HARMON, R., u. C. HEALD (1982): Migration of polymorphonuclear leukocytes into the bovine mammary gland during experimentally induced *Staphylococcus aureus* mastitis. *Am. J. Vet. Res.* 43, 992-998

200. HARNISCH, T. (1993): Untersuchungen zur Milch-Eutergewebe-Blutsschranke beim Rind während des Trockenstellens, der Trockenstehzeit sowie post partum. Leipzig, Univ. Veterinärmed. Fak. Diss.
201. HARTMANN, M.-L. (1990): Untersuchungen über das Keratin und dessen Protein im Strichkanal der bovinen Milchdrüse. Gießen, Univ. Fachber. Veterinärmed. Diss.
202. HAUCK, G. (1985): Preliminary pathways. in: BOLLINGER, A., H. PARTSCH u. J. WOLFE: The initial lymphatics. Verlag Thieme-Stratton Inc., Stuttgart, New York, S. 50-57
203. HAUCK, G. (1988): Physiologische Aspekte der Lymphbildung. in: Ödem-Kongreß Perimed, Erlangen 1988, Kongr.ber., S. 67-71
204. HAUKE, H. (1961): Zellgehalt der normalen und pathologisch veränderten Milch. Dtsch. tierärztl. Wochenschr. 68, 660-664, 724-727
205. HEALD, C. (1974): Hormonal effects on mammary cytology. J. Dairy Sci. 57, 917-925
206. HEATH, T., u. R. KERLIN (1986): Lymph drainage from the mammary gland in sheep. J. Anat. 144, 61-70
207. HEES, H. (1990): Das kardiovaskuläre System. in: MOSIMANN, W., u. T. KOHLER: Zytologie, Histologie und mikroskopischen Anatomie der Haustiere. Verlag Parey, Berlin, Hamburg, S. 84-97
208. HEES, H. (1992): Mamma (Milchdrüse). in: HEES, H., u. F. SINOWATZ: Histologie. Dtsch. Ärzte-Verlag, Köln, S. 282-284
209. HEIMBERGER, H. (1964): Some experiments on the relation of blood capillaries to surrounding tissue. in: 3. Europ. Conf. Microcirculation Jerusalem Bibl. anat. Verlag Karger, Basel, New York, Bd. 7, S. 35-38
210. HEIMBERGER, H. (1968): Vitalmikroskopische Studien an der menschlichen Haut. III. Perikapillarer Lymphspalt und Gewebespalten des Papillarkörpers. Acta anat. 71, 172-177
211. HEINZ, M. (1988): Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen der Milchdrüse des Rindes im Verlauf der Trockenstehperiode unter besonderer Berücksichtigung der Involutionsprozesse. Leipzig, Univ. Veterinärmed. Fak. Diss.
212. HEINZ, M., u. G. MICHEL (1991): Zum Bau der Milchdrüse des Rindes während der Trockenstehperiode und besonderer Berücksichtigung der Involutionsprozesse. 2. Elektronenmikroskopische Untersuchungen. Anat. Histol. Embryol. 20, 193-204
213. HELLMEN, E., u. A. ISAKSSON (1997): Immunohistochemical investigation into the distribution pattern of myoepithelial cells in the bovine mammary gland. J. Dairy Res. 64, 197-205
214. HERR, W. (1960): Histologische Untersuchungen bei Rückbildungsvorgängen in der Milchdrüse des Rindes. Berlin, Freie Univ. Veterinärmed. Fak. Diss.
215. HIBBITT, K., M. BENIANS u. G. ROWLANDS (1972): The number and percentage viability of commensal microorganisms from the teat canal of the cow. Brit. Vet. J. 128, 270-273
216. HIFNY, A., G. KAMEL, K. SELIM, A. KELANY u. S. AZIZA (1984): Biometrical and morphological studies of the apocrine sweat glands in some regions of the skin of the buffalo in Egypt. Assiut Vet. Med. J. 24, 29-35
217. HOGAN, J., A. DUTHIE u. J. PANKEY (1986): Fatty acid composition of bovine teat canal keratin. J. Dairy Sci. 69, 2424-2427
218. HOLM, G. (1937): A histological study of bovine udder parenchyma. Vet. Med. 32, 163-167
219. HOLST, B., W. HURLEY u. D. NELSON (1987): Involution of the bovine mammary gland: histological and ultrastructural changes. J. Dairy Sci. 70, 935-944
220. HOYER, H. (1877): Über unmittelbare Einmündungen kleinster Arterien in Gefäße venösen Charakters. Arch. mikr. Anat. 13, 603-644
221. HUMASON, G. (1972): Fixation. in: HUMASON, G.: Animal tissue techniques. 3. Aufl. Verlag Freeman, San Francisco, S. 3-33
222. HURLEY, H., u. W. SHELLEY (1954): The role of the myoepithelium of the human apocrine sweat gland. J. Invest. Dermatol. 22, 143-156

223. HURLEY, W. (1989): Symposium: mammary gland function during involution and the declining phase of lactation. J. Dairy Sci. 72, 1637-1646
224. HUSSEIN, M. (1972): The orientation of connective tissue fibres in rat skin. Acta anat. 82, 549-564
225. HUTH, F., u. D. BERNHARDT (1977): The anatomy of lymph vessels in relation to function. Lymphology 10, 54-61
226. HYND, P., A. SCHLINK, P. PHILLIPS u. D. SCOBIE (1986): Mitotic activity in cells of the wool follicle bulb. Aust. J. Biol. Sci. 39, 329-339
227. IKOMI, F., u. G. SCHMID-SCHÖNBEIN (1995): Lymph transport in the skin. Clin. Dermatol. 13, 419-427
228. JANKUS, E., u. L. BAUMANN (1986): Blood flow to the distal part of the teat (mammary papilla) of the lactating dairy cows. Am. J. Vet. Res. 47, 283-285
229. JANSEN, B., u. M. HAYES (1987): The relationship between the skin and some bacterial species occurring on it in the Merino. Onderstepoort J. Vet. Res. 54, 107-111
230. JENKINSON, D. McE., u. P. BLACKBURN (1968 a): The distribution of nerves, monoamine oxidase and cholinesterase in the skin of the horse. Res. Vet. Sci. 9, 165-169
231. JENKINSON, D. McE., u. P. BLACKBURN (1968 b): The distribution of nerves, monoamine oxidase and cholinesterase in the skin of the cat and dog. Res. Vet. Sci. 9, 521-528
232. JENKINSON, D. McE., u. T. NAY (1972): The sweat glands and hair follicles of European cattle. Aust. J. Biol. Sci. 25, 585-595
233. JENKINSON, D. McE., P. BLACKBURN u. R. PROUDFOOT (1967): Seasonal changes in the skin glands of the goat. Brit. Vet. J. 123, 541-549
234. JENKINSON, D. McE., H. MONTGOMERY u. H. ELDER (1979): The ultrastructure of the sweat glands of the ox, sheep and goat during sweating and recovery. J. Anat. 129, 117-140
235. JENSEN, D., u. R. EBERHART (1975): Macrophages in bovine milk. Am. J. Vet. Res. 36, 619-624
236. JENSEN, D., u. R. EBERHART (1981): Total and differential cell counts in secretions of the nonlactating bovine mammary gland. Am. J. Vet. Res. 42, 743-747
237. JOHNSON, K., u. K. CREED (1982): Sweating in the intact horse and isolated perfused horse skin. Comp. Biochem. Physiol. C. 73, 259-264
238. JONEN, M. (1991): Vergleichende morphologische Untersuchungen an Haut und Haaren der Angoraziege, Cashmereziege und Cashgoraziege in Neuseeland. Hannover, Tierärztl. Hochsch. u. Dept. Anat. Physiol. Massey Univ., Neuseeland, Diss.
239. JONES, R. (1985): Elastic fibres and the lymphatics: a light microscopical study of their functional association in normal and leprosy skin. F. I. M. L. S. thesis, London
240. JUHLIN, L., u. W. SHELLEY (1977): New staining techniques for the Langerhans cell. Acta dermatovener. 57, 289-296
241. JUNKELMANN, E.-M. (1976): Morphologie und Funktion der Schlauchdrüsen in der behaarten Haut des Pferdes unter Berücksichtigung der Morphologie der Schlauchdrüsen im Fleischstrahl der Einhufer. Hannover, Tierärztl. Hochsch. Diss.
242. JUNQUEIRA, L., u. J. CARNEIRO (1991): Kreislauf. in: JUNQUEIRA, L., u. J. CARNEIRO: Histologie. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, S. 285-305
243. KAEPEL, F. (1918): Über Zitzen- und Zisternenverhältnisse der Haussäugetiere. 4. Beitrag zum Bau und zur Entwicklung von Hautorganen bei Säugetieren. Zürich, Univ. Veterinärmed. Fak. Diss.
244. KAMM, M. (1925): Ueber den histologischen Bau der Rinder- und Ziegenzitze. Bern, Hohe Veterinärmed. Fak. Diss.
245. KANAUCHI, H., F. FURUKAWA u. S. IMAMURA (1989): Evaluation of ATPase positive Langerhans' cells in skin lesions of lupus erythematosus and experimentally induced inflammations. Arch. Dermatol. Res. 281, 327-332

246. KAPPERT, A. (1989): Anatomische und physiologische Grundlagen. in: KAPPERT, A.: Lehrbuch und Atlas der Angiologie. 12. Aufl. Verlag Huber, Bern, Stuttgart, S. 1-20
247. KATZ, S., K. TAMAKI u. D. SACHS (1979): Epidermal Langerhans cells are derived from cells originating in bone marrow. *Nature* **282**, 324-326
248. KEENAN, T., u. D. DYLEWSKI (1985): Aspects of intracellular transit of serum and lipid phases of milk. *J. Dairy Sci.* **68**, 1025-1040
249. KEENAN, T., R. SAACKE u. S. PATTON (1970): Prolactin, the Golgi apparatus, and milk secretion: brief interpretive review. *J. Dairy Sci.* **53**, 1349-1352
250. KELLNER, G. (1966 a): Bau und Funktion der Haut. *Dtsch. Ztschr. Akup.* **15**, 1-31
251. KELLNER, G. (1966 b): Über das Vorkommen von Spalten im Corium der menschlichen Haut. *Z. Mikrosk. Anat. Forsch.* **74**, 330-336
252. KENNEDY, W., G. WENDELSCHAFER-CRABB u. T. BRELJE (1994): Innervation and vasculature of human sweat glands: an immunohistochemistry-laser scanning confocal fluorescence microscopy study. *J. Neurosci.* **14**, 6825-6833
253. KENSHALO, D. (1979): Sensory functions of the skin of humans. Plenum Press, New York, London
254. KHALIL, H., S. NITIUTHAI u. J. ALLEN (1982): Alkaline phosphatase-positive Langerhans cells in the epidermis of cattle. *J. Invest. Dermatol.* **79**, 47-51
255. KHURUSTALEVA, G. (1984): Ultrastructural heterogeneity of the cells of the mammary gland of lactating cows. *Byulleten Vsesoyuznogo Nauchno-issledovatel'skogo Instituta Fiziologii, Biokhimii i Pitaniya Selskokhozyaistvennykh Zhivotnykh* **76**, 38-43
256. KIELWEIN, G. (1985): Aufbau der Milchdrüse. in: KIELWEIN, G.: Leitfaden der Milchkunde und Milchhygiene. 2. Aufl. Verlag Parey, Berlin, Hamburg, S. 16-17
257. KIELWEIN, G., u. R. SCHLENSTEDT (1993): Ätiologie der subklinischen Mastitis. in: Kongr. d. Dtsch. Veterinärmed. Ges. Fachgruppe „Milchhygiene“, Leipzig 1993, Tagungsber., S. 81-93
258. KIETZMANN, M., W. LÖSCHER, D. ARENS, P. MAAB u. D. LUBACH (1993): The isolated perfused bovine udder as an in vitro model of percutaneous drug absorption skin viability and percutaneous absorption of dexamethasone, benzoyl peroxide, and etofenamate. *J. Pharmacol. Meth.* **30**, 75-84
259. KIHARA, T. (1956): Das extravasculäre Saftbahnsystem. *Folia Anat. Jap.* **28**, 601-628
260. KIMURA, S., u. T. AOKI (1962): Functional activity of the apocrine sweat gland in the goat. *Tohoku J. Exper. Med.* **76**, 8-22
261. KINURA, T. (1969): Electron microscopic study of the mechanism of secretion of milk. *J. Jap. Obstet. Gynaec. Soc.* **21**, 301-308
262. KIRCHMANN, H. (1928): Untersuchungen über die Mikrobenflora der Kuhzitze und praktische Maßnahmen zur Verhinderung ihres Eindringens in die Zitze. *Milchwissensch. Forsch.* **7**, 35-75
263. KIRK, E., u. R. KITCHELL (1988): Neurophysiologic map of the cutaneous innervation of the external genitals of the ewe. *Am. J. Vet. Res.* **49**, 522-526
264. KISCH, B. (1957): Die Kapillaren. in: KISCH, B.: Der ultrastrukturelle Bau von Herz und Kapillaren. Verlag Steinkopff, Darmstadt, S. 80-94
265. KITCHEN, B., G. MIDDELTON, I. DURWARD, R. ANDREWS u. M. SALMON (1980): Mastitis diagnostic tests to estimate mammary gland epithelial cell damage. *J. Dairy Res.* **63**, 978-988
266. KITT, T. (1887): Die Milchdrüsen. in: ELLENBERGER, W.: Vergleichende Histologie der Haussäugethiere. Verlag Parey, Berlin, S. 337-354
267. KJARSGAARD, P. (1974): Mammary blood flow and venous drainage in cows. *Acta vet. scand.* **15**, 179-187
268. KLANKE, J., A. DEUTSCH u. D. BERENS VON RAUTENFELD (1987): Die initiale Lymphstrombahn der Haut. *Anat. Histol. Embryol.* **16**, 183-184

269. KLIGMAN, A. (1963): The use of sebum. *Brit. J. Dermatol.* **75**, 307-319
270. KLIMA, H. (1973): Contribution to fluorescent microscopic examination of somatic milk cells. *Vet. Med. Rev.* **3**, 215-220
271. KNOCHE, H. (1979 a): Fixierungen und Konservierungen. in: KNOCHE, H. (Hrsg.): Leitfaden der histologischen Technik. Verlag Parey, Stuttgart, New York, S. 15-28
272. KNOCHE, H. (1979 b): Färbungen. in: KNOCHE, H. (Hrsg.): Leitfaden der histologischen Technik. Verlag Parey, Stuttgart, New York, S. 76-109
273. KNOCHE, H. (1979 c): Spezielle Gebiete. in: KNOCHE, H. (Hrsg.): Leitfaden der histologischen Technik. Verlag Parey, Stuttgart, New York, S. 114-163
274. KOCH, T. (1956): Die Milchdrüse (Glandula lactifera, Mamma) des Rindes. *Monatsh. Veterinärmed.* **11**, 527-532
275. KOCH, T., u. R. BERG (1993): Körperdecke, Integumentum commune. in: KOCH, T., u. R. BERG: Lehrbuch der Veterinär-Anatomie. 5. Aufl. Verlag Fischer Jena, Stuttgart, Bd. 3, S. 555-591
276. KOCKS, C. (1977): Zum Bau der Milchgänge der Milchdrüse des Rindes. Leipzig, Univ. Veterinärmed. Fak. Dipl.-Arb.
277. KÖPF-MAIER, P., u. H. MERKER (1989): Atlas der Elektronenmikroskopie. Verlag Ueberreuter Wissenschaft, Wien, Berlin
278. KOTTMAN, J., A. HAMPL u. D. PRAVDA (1970): The collection of lymph from efferent vessel of supramammary lymphatic gland of the cow in a long-term experiment. *Acta vet. Brno* **39**, 197-203
279. KOTYK, R., J. CARON, I. SONEA, S. ROBERTSON u. R. BOWKER (1996): Neutrotransmitter innervating the equine apocrine sweat gland. *Anat. Histol. Embryol.* **25**, 221
280. KOZLOWSKI, G., u. M. CALHOUN (1969): Microscopic anatomy of the integument of sheep. *Am. J. Vet. Res.* **30**, 1267-1279
281. KRAUS, H. (1959): Das Lymphsystem in funktionell-anatomischer Sicht. *Anat. Anz.* **107**, 135-144
282. KREBS, C. (1992): Vergleichend-histologisch und -histomorphometrische Untersuchungen am Praeorbitalorgan von 21 Wiederkäuerarten (*Ruminantia Scopoli*, 1777). Gießen, Univ. Fachber. Veterinärmed. Diss.
283. KRIEG, T., u. R. TIMPL (1983): Protein components of the epidermal basement membrane. in: BEREITER-HAHN, I., A. MATOLTSY u. K. RICHARDS: Biology of the integument: Vertebrates. Verlag Springer, Berlin, S. 788-799
284. KRÖLLING, O., u. H. GRAU (1960): Lehrbuch der Histologie und vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Haustiere. Verlag Parey, Berlin, Hamburg, S. 467-472
285. KRSTIC, R. (1994 a): Cardiovascular system. in: KRSTIC, R.: Human microscopic anatomy. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, S. 40-67
286. KRSTIC, R. (1994 b): Integumentary system. in: KRSTIC, R.: Human microscopic anatomy. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, S. 448-481
287. KUBIK, S. (1980): Drainagemöglichkeiten der Lymphterritorien nach Verletzungen peripherer Kollektoren und nach Lymphadenektomie. *Folia Angiol.* **28**, 228-237
288. KUBIK, S. (1988): Initial lymphatics in different skin regions. in: PARTSCH, H.: Progress in lymphology - XI. Elsevier Science, Amsterdam, S. 17-19
289. KUBIK, S. (1993): Anatomie des Lymphgefäßsystems. in: FÖLDI, M., u. S. KUBIK: Lehrbuch der Lymphologie. Verlag Fischer, Stuttgart, Jena, S. 1-201
290. KÜHNEL, W. (1985): Taschenatlas der Zytologie und mikroskopischen Anatomie. Verlag Thieme, New York, Stuttgart
291. KUIKEN, J., D. HILL u. N. LUNDQUIST (1956): A hyalin-fibrin complex in the bovine mammary gland. *J. Dairy Sci.* **39**, 1299-1303

292. KÜNZEL, E. (1990): Haut (Integumentum commune). in: MOSIMANN, W., u. T. KOHLER: Zytologie, Histologie und mikroskopischen Anatomie der Haustiere. Verlag Parey, Berlin, Hamburg, S. 259-287
293. KUPRIANOV, V. (1969): Some features of the initial lymphatic vessels in their interrelation with blood capillaries. *Acta anat.* 73, 69-80
294. KUROSUMI, K. (1977): Fine structure of the human sweat ducts of eccrine and apocrine types. *Arch. Histol. Jap.* 40, 203-224
295. KUROSUMI, K., T. MATSUZAMA u. F. SAITO (1963): Electron microscopic observations on the sweat glands of the horse. *Arch. Histol. Jap.* 23, 295-310
296. KUTHER, K., L. AUDIGE, P. KUBE u. M. WELLE (1998): Bovine mast cells: distribution, density, heterogeneity, and influence of fixation techniques. *Cell Tiss. Res.* 293, 111-119
297. LANDMANN, H. (1980): Lamellar granules in mammalian, avian and reptilian epidermis. *J. Ultrastr. Res.* 72, 245-263
298. LANGER, E., u. S. HUHNS (1958): Der submikroskopische Bau der Myoepithelzellen. *Z. Zellforsch.* 47, 507-516
299. LASCELLES, A. (1979): The immune system of the ruminant mammary gland and its role in the control of mastitis. *J. Dairy Sci.* 62, 154-160
300. LASCELLES, A., u. B. MORRIS (1961): The flow and composition of lymph from the mammary gland in merino sheep. *Quart. J. Exp. Physiol.* 42, 206-215
301. LASCELLES, A., A. COWIE, P. HARTMANN u. M. EDWARDS (1964): The flow and composition of lymph from the mammary gland of lactating and dry cows. *Res. Vet. Sci.* 5, 190-201
302. LEAK, L. (1970): Electron microscopic observations on lymphatic capillaries and the structural components of the connective tissue-lymph interface. *Microvasc. Res.* 2, 361-391
303. LEAK, L. (1972): The fine structure and function of the lymphatic vascular system. in: LEAK, L.: Handbuch der allgemeinen Pathologie. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, Bd. 3, S. 149-196
304. LEAK, L. (1987): Structure and function of lymphatic-interstitial interface. *Adv. Microcir.* 13, 1-14
305. LEAK, L., u. J. BURKE (1966): Fine structure of the lymphatic capillary and the adjoining connective tissue area. *Am. J. Anat.* 118, 785-809
306. LEAK, L., u. J. BURKE (1968): Ultrastructural studies on the lymphatic anastomosing filaments. *J. Cell Biol.* 36, 129-149
307. LEE, C., u. A. LASCELLES (1969 a): Distribution of lymphatic vessels in the mammary glands of ewes. *Am. J. Anat.* 126, 489-496
308. LEE, C., u. P. OUTERIDGE (1976): The identification and ultrastructure of macrophages from the mammary gland of the ewe. *Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci.* 54, 43-55
309. LEE, C., u. P. OUTERIDGE (1981): Leucocytes of sheep colostrum, milk and involution secretion, with particular reference to ultrastructure and lymphocyte sub-populations. *J. Dairy Res.* 48, 225-237
310. LEE, C., G. McDOWELL u. A. LASALLES (1969): The importance of macrophages in the removal of fat from the involuting mammary gland. *Res. Vet. Sci.* 10, 34-38
311. LEE, C., P. WOODING u. P. KEMP (1980): Identification, properties, and differential counts of cell populations using electron microscopy of dry cows secretions, colostrum and milk from normal cows. *J. Dairy Res.* 47, 39-50
312. LEFCOURT, A. (1982): Rhythmic contractions of the teat sphincter in bovines: an expulsion mechanism. *Am. J. Physiol.* 242 III, R181-184
313. LEONHARDT, H. (1990 a): Kreislauforgane. in: LEONHARDT, H.: Histologie, Zytologie und Mikroanatomie des Menschen. 8. Aufl. Thieme Verlag, New York, Stuttgart, Bd. 3, S. 217-233

314. LEONHARDT, H. (1990 b): Hautdecke und Hautanhangsgebilde. in: LEONHARDT, H.: Histologie, Zytologie und Mikroanatomie des Menschen. 8. Aufl. Thieme Verlag, Stuttgart, New York, Bd. 3, S. 343-361
315. LERNER, A. (1980): Behavior of pigment cells. *J. Invest. Dermatol.* 75, 121
316. LERONDELLE, C., Y. RICHARD u. J. ISSARTIAL (1992): Factors affecting somatic cell counts in goat milk. *Small Rumin. Res.* 8, 129-139
317. LIEBICH, H.-G., S. REESE u. K.-D. BUDRAS (1999): Haut (Integumentum commune). in: LIEBICH, H.-G. (Hrsg.): Funktionelle Histologie. 3. Aufl. Verlag Schattauer, Stuttgart, New York, S. 303-324
318. LINDNER, D. (1963): Zur vergleichenden Zellmorphologie des lockeren Bindegewebes. I. Das Zellbild der Subcutis des Rindes. *Z. Mikrosk. Anat. Forsch.* 69, 153-166
319. LINDNER, H., u. E. GUDAT (1967): Eiweißspektrum und Zellgehalt der Euterlymphe des Rindes. *Arch. Exp. Vet. Med.* 21, 1147-1153
320. LINZELL, J. (1952): The silver staining of myoepithelial cells, particularly in the mammary gland and their relation to the ejection of milk. *J. Anat.* 86, 49-57
321. LINZELL, J. (1959): The innervation of the mammary glands in the sheep and goat with some observations on the lumbosacral autonomic nerves. *Quart. J. Exp. Physiol.* 44, 160-176
322. LINZELL, J. (1960): The flow and composition of mammary gland lymph. *J. Physiol.* 153, 510-521
323. LINZELL, J. (1972): Mechanism of secretion of the aqueous phase of milk. *J. Dairy Sci.* 55, 1316-1322
324. LINZELL, J., u. M. PEAKER (1971 a): Mechanism of milk secretion. *Physiol. Rev.* 51, 564-597
325. LINZELL, J., u. M. PEAKER (1971 b): The permeability of mammary ducts. *J. Physiol.* 216, 701-716
326. LINZELL, J., u. F. RASMUSSEN (1972): Mammary blood flow and changes in circulation during lactation in goats and cows. in: LENKEIT, W., K. BREIREM u. E. CRASEMANN: Handbuch der Tierernährung. Verlag Parey, Hamburg, Berlin, Bd. 2, S. 203-207
327. LLOYD, D., W. DICK, S. AMAKIRI u. D. McE. JENKINSON (1979 a): Structure of the sheep epidermis. *Res. Vet. Sci.* 26, 180-182
328. LLOYD, D., W. DICK u. D. McE. JENKINSON (1979 b): Structure of the epidermis in Ayrshire bullocks. *Res. Vet. Sci.* 26, 172-179
329. LOEFFLER, K. (1966): Zur Blutgefäßversorgung der Haut des Rindes. *Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr.* 79, 365-367
330. LOKVANCIC, H., A. DZUVIC u. A. MAHDI (1979): Aggravated milking of cows as a consequence of the so called corpora amylactea and the occurrence of mastitis connected with it. *Vet. Glas.* 33, 443-450
331. LORENZ, K. (1973): Die acht Todsünden der zivilisierten Menschheit. Verlag Piper & Co, München, Zürich
332. LUBACH, D., u. L. SHILAJEWA (1993): Über die Mikrozirkulation im Interstitium. II. Elektronenmikroskopische Untersuchungen über den Aufbau peristruktureller Spalträume. *Phlebol.* 22, 1-4
333. LUBACH, D., A. WAWRZYNIAC-SCHULZ, D. NEUKAM u. S. NISSEN (1990): The extension technique: a new method of demonstrating initial lymph vessels in excised human skin. *Brit. J. Dermatol.* 123, 179-185
334. LUBACH, D., S. NISSEN u. D. NEUKAM (1991 a): Demonstration of initial lymphatics in excised human skin using an extension technique and dye injection. *J. Invest. Dermatol.* 96, 754-757
335. LUBACH, D., S. STÜWE, S. NISSEN u. D. BERENS VON RAUTENFELD (1991 b): Histological demonstration of initial lymphatics in human skin: comparison between different extension techniques. *Arch. Dermatol. Res.* 283, 240-245

336. LÜDERS, G. (1986): Elektronenmikroskopische und histochemische Untersuchungen zur Abkunft und Funktion der Myoepitheloidzellen in Glomangiomen und peripheren Sperrarterien. *Z. Hautkr.* **61**, 1083-1091
337. LÜDERS, G., W. SCHLOTE u. M. REINHARD (1970): Zur Ultrastruktur von Glomustumoren und Glomusorganen. *Arch. klin. exp. Dermatol.* **238**, 398-416
338. LUDEWIG, T. (1996 a): Elektronenmikroskopische Studie zu den Zellen der laktierenden Milchdrüse des Rindes. *Tierärztl. Prax.* **24**, 11-16
339. LUDEWIG, T. (1996 b): Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen an der Blut-Milch-Schranke der laktierenden Milchdrüse der Rindes. *Anat. Histol. Embryol.* **25**, 121-126
340. LUDEWIG, T. (1997 a): The skin of the bovine mammary gland: a histological investigation. *Anat. Histol. Embryol.* **26**, 257
341. LUDEWIG, T. (1997 b): Milchgänge und Chaos. *Anat. Histol. Embryol.* **26**, 277-280
342. LUDEWIG, T. (1997 c): Die Euterhaut des Merinoschafes. *Dtsch. tierärztl. Wochenschr.* **104**, 428-432
343. LUDEWIG, T. (1997 d): Histological investigations on the skin of the mammary gland of mares. *Dtsch. tierärztl. Wochenschr.* **104**, 471-474
344. LUDEWIG, T. (1998 a): Histologische Untersuchungen zu den Corpora amylacea in der Milchdrüse von Ziege, Pferd und Schaf. *Dtsch. tierärztl. Wochenschr.* **105**, 62-64
345. LUDEWIG, T. (1998 b): Occurrence and importance of Glomus Organs (Hoyer-Grosser's Organs) in the skin of the equine and bovine mammary gland. *Anat. Histol. Embryol.* **27**, 155-159
346. LUDEWIG, T. (1998 c): Vergleichende histologische Untersuchungen an den Zitzen des Schafes und der Ziege. *Tierärztl. Prax.* **26**, 151-156
347. LUDEWIG, T., u. C. KOBLENZ (1998): Lichtmikroskopische Untersuchungen zu Milchbestandteilen in histologischen Schnittpräparaten der Milchdrüse beim Schaf. *Milchwissensch.* **53**, 243-247
348. LUDEWIG, T., G. MICHEL u. G. GUTTE (1996): Histologisch-histochemische Untersuchungen zum Bau der Euterhaut des Rindes unter besonderer Berücksichtigung der Veränderungen durch die Perfusion im Rahmen des Eutermodells. *Dtsch. tierärztl. Wochenschr.* **103**, 501-505
349. LUKAS, Z., J. LUKASOVA u. D. RYSANEK (1971): Histochemical studies on innervation of the mammary gland of goat (*Capra hircus*). I. Monoaminergic innervation. *Z. Mikrosk. Anat. Forsch.* **84**, 219-224
350. LUKASOVA, J., u. Z. LUKAS (1972): Die Cholinesteraseaktivität und Innervation der Milchdrüse. *Veterinari medicina* **5**, 293-297
351. LUKASOVA, J., Z. LUKAS u. D. RYSANEK (1971): Histochemical studies on innervation of the mammary gland of goat (*Capra hircus*). II. Presence and localization of cholinesterase. *Z. Mikrosk. Anat. Forsch.* **84**, 311-320
352. LYNE, A., u. D. HOLLIS (1968): The skin of the sheep: a comparison of body regions. *Aust. J. Biol. Sci.* **21**, 499-527
353. MACKENZIE, I. (1969): Ordered structure of the stratum corneum of mammalian skin. *Nature* **222**, 881-882
354. MAINZER, G. (1939): Ein Beitrag zur Morphologie der Milchgänge des Rindes. *Z. Mikrosk. Anat. Forsch.* **99**, 408-414
355. MALONEY, M., M. WILLIAMS, E. EPSTEIN, M. LAW, P. FRITSCH u. P. ELIAS (1984): Lipids in the pathogenesis of ichthyosis: tropical cholesterol sulfate-induced scaling in hairless mice. *J. Invest. Dermatol.* **83**, 252-256
356. MANKOWSKI, H. (1903): Der histologische Bau des Strichkanals der Kuhzitze. Bern, Hohe Veterinärmed. Fak. Diss.
357. MANN, S. (1965): Haarscheiben in the skin of sheep. *Nature* **205**, 1228-1229

358. MARGOLENA, L. (1962): Sudoriferous glands of sheep and goats. *Z. Mikrosk. Anat. Forsch.* **69**, 217-225
359. MARTIN, P. (1906): Die Milchdrüse. in: ELLENBERGER, W.: Handbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie, Verlag Parey, Berlin, Bd. 1, S. 233-250
360. MARTIN, P. (1912): Allgemeine Decke. in: MARTIN, P. (Hrsg.): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. 2. Aufl. Verlag Schickhardt und Ebner, Stuttgart, Bd. 1, S. 744-780
361. MASSON, P. (1929): Trichrome stainings and their preliminary technique. *J. Tech. Meth.* **12**, 75-90
362. MASSONS, P. (1937): Les glomus neurovasculaires. Hermann et Cie, Paris
363. MATOLTSY, A., u. P. PARAKKAL (1965): Membrane-coating granules of keratinizing epithelia. *J. Cell Biol.* **24**, 297-307
364. MATSUMOTO, M., H. NISHINAKAGAWA, M. KUROHMARU, Y. HAYASHI u. J. OTSUKA (1992): Pregnancy and lactation affect the microvasculature of the mammary gland in mice. *J. Vet. Med. Sci.* **54**, 937-943
365. McDONALD, J. (1968): Radiographic method for anatomic study of the teat canal: observations on 22 lactating dairy cows. *Am. J. Vet. Res.* **29**, 1315-1319
366. McDONALD, J. (1970 a): Bovine udder infection: time of microbial invasion of the teat sinus. in: 6. Int. Konf. Rinder-Krankh., Ames 1970, Kongr.ber., S. 91-96
367. McDONALD, J. (1970 b): Microscopic observation of teat canals from susceptible and resistant bovine mammary glands: a preliminary report. in: 6. Int. Konf. Rinder-Krankh., Ames 1970, Kongr.ber., S. 97-103
368. McDONALD, J. (1973): Radiographic method for anatomic study of the teat canal: changes within the first lactation. *Am. J. Vet. Res.* **34**, 169-171
369. McDONALD, J. (1975): Radiographic method for anatomic study of the teat canal: changes between milking periods. *Am. J. Vet. Res.* **36**, 1241-1242
370. McDONALD, J. (1979): Bovine mastitis: introductory remarks. *J. Dairy Sci.* **62**, 117-118
371. McDONALD, J., u. R. PACKER (1968): Incidence of intramammary infections during lactation in dairy cattle repeatedly exposed to *Streptococcus agalactiae* and *Aerobacter aerogenes*. *Am. J. Vet. Res.* **29**, 1525-1532
372. MEISSNER, R. (1964): Beiträge über den anatomischen Bau des elastisch-muskulösen Systems der Rinderzitze. Berlin, Humboldt-Univ. Veterinärmed. Fak. Diss.
373. METTLER, F., P. WILD, H. GEYER, H. AUGSBURGER u. E. MANSER (1984): Ultrastructural studies on lactating mammary gland of goats before and after milking. *Zentralbl. Vet. Med. A* **31**, 213-219
374. MEYER, W. (1986): Die Haut des Schweines. Schlütersche Verlagsanstalt und Druckerei, Hannover
375. MEYER, W. (1991): Bemerkungen zu domestikationsbedingten Veränderungen des Säugetier-Integuments. *Z. Säugetierkde.* **56**, 33-34
376. MEYER, W. (1998): Haut und Hautorgane. in: WISSDORF, H., H. GERHARDS u. B. HUSKAMP (Hrsg.): Praxisorientierte Anatomie des Pferdes. Verlag Schaper, Alfeld, Hannover, S. 19-48
377. MEYER, W., u. K. NEURAND (1987): A comparative scanning electron microscopic view of the integument of domestic mammals. *Scan. Microsc.* **1**, 169-180
378. MEYER, W., u. K. NEURAND (1991): Comparison of skin pH in domesticated and laboratory mammals. *Arch. Dermatol. Res.* **283**, 16-18
379. MEYER, W., K. NEURAND u. R. SCHWARZ (1978 c): Zur Bedeutung der apokrinen Hautdrüsen der allgemeinen Körperdecke bei verschiedenen Haussäugetierarten. *Dtsch. tierärztl. Wochenschr.* **85**, 194-197
380. MEYER, W., R. SCHWARZ u. K. NEURAND (1978 b): Die Haut der Säugetiere (I). Grundzüge der vergleichenden Morphologie. *Tierärztl. Prax.* **6**, 153-162

381. MEYER, W., R. SCHWARZ u. K. NEURAND (1978 a): The skin of domestic animals as a model for the human skin, with special reference to the Domestic pig. *Curr. Probl. Dermatol.* 7, 39-52
382. MEYER, W., R. SCHWARZ u. K. NEURAND (1978 d): Die Haut der Säugetiere (2). Hinweise zur speziellen Funktion einzelner Hautanteile. *Tierärztl. Prax.* 6, 289-298
383. MEYER, W., K. NEURAND u. T. BARTELS (1991): Der „Säureschutzmantel“ der Haut unserer Haustiere. *Dtsch. tierärztl. Wochenschr.* 98, 167-170
384. MEYER, W., K. NEURAND, R. SCHWARZ, T. BARTELS u. H. ALTHOFF (1994): Arrangement of elastic fibres in the integument of domesticated mammals. *Scann. Microsc.* 8, 375-391
385. MEYER, W., K. NEURAND, S. GODYNICKI, G. KOJDA u. B. MAYER (1996): Demonstration of NADPH-Diaphorase (NO-synthase) in sebaceous glands of the mammalian integument, with special remarks on the glandular capillary net. *Cell. mol. Biol.* 42, 241-248
386. M'FADYEAN, J. (1930): The corpora amylacea of the mammary gland of the cow. *J. Comp. Pathol. Therap.* 43, 291-300
387. MICHEL, G. (1973): Zum Bau der Zitze des Rindes. *Tierhygiene-Information, Eberswalde-Finow* 5, 103-124
388. MICHEL, G. (1976): Zur Innervation der Milchdrüse des Rindes unter besonderer Beachtung der afferenten (sensiblen) Innervation der Zitze. *Monatsh. Veterinärmed.* 31, 189-193
389. MICHEL, G. (1977): Zum Verhalten der Blutgefäße in der Zitze des Rindes. *Arch. Exp. Vet. Med.* 31, 471-476
390. MICHEL, G. (1978): Zu einigen histologischen und histochemischen Besonderheiten des Strichkanalepithels der Milchdrüse des Rindes. *Ergebn. exp. Med.* 25, 183-187
391. MICHEL, G. (1979 a): Zur Morphologie der Alveolen des Rindereuters. *Monatsh. Veterinärmed.* 34, 385-389
392. MICHEL, G. (1979 b): Zum Bau der Milchgänge des Rindereuters. *Monatsh. Veterinärmed.* 34, 133-137
393. MICHEL, G. (1981): Das histologische Bild der Milchdrüse des Rindes in den einzelnen Stadien der Laktationsperiode. *Monatsh. Veterinärmed.* 36, 537-541
394. MICHEL, G. (1986): Gesichtspunkte der funktionellen Morphologie der Rinderzitze. *Monatsh. Veterinärmed.* 41, 77-80
395. MICHEL, G. (1992): Haut. in: SMOLLICH, A., u. G. MICHEL: *Mikroskopische Anatomie der Haustiere*. Verlag Fischer Jena, Stuttgart, S. 494-526
396. MICHEL, G. (1993 a): Histologische und histochemische Untersuchungen zur Innervation der Zitze sowie der Haut des Rindereuters. *Schw. Arch. Tierheilk.* 135, 305-309
397. MICHEL, G. (1993 b): Zur Innervation der Milchdrüse des Rindes. in: 21. Kongr. EVVA, Bruno 1993, Kongr.ber., S. 6-8
398. MICHEL, G. (1993 c): Morphologische Grundlagen der Keimabwehr in der Milchdrüse. Kongr. d. Dtsch. Veterinärmed. Ges. Fachgruppe „Milchhygiene“, Leipzig 1993, Tagungsber., S. 107-111
399. MICHEL, G. (1994): Anatomie der Milchdrüse. in: WENDT, K., H. BOSTEDT, H. MIELKE u. H.-W. FUCHS: *Euterkrankheiten*. Verlag Fischer, Jena, S. 17-63
400. MICHEL, G., u. W. SEFFNER (1975): Morphologische Grundlagen der Keimabwehr in der Milchdrüse des Rindes. *Monatsh. Veterinärmed.* 30, 900-903
401. MICHEL, G., u. P. STERBA (1985): Zur Struktur des Epithels der großen Milchgänge und der Milchzysternen des Rindereuters. *Gegenb. Morph. Jahrb.* 131, 241-251
402. MICHEL, G., u. J. SCHULZ (1987): Zur Histologie und Histochemie des Epithels der großen Milchgänge und Milchzysterne unter besonderer Berücksichtigung ihrer Funktion im System der lokalen Abwehrmechanismen des Rindereuters. *Schw. Arch. Tierheilk.* 129, 319-326

403. MICHEL, G., u. M. HEINZ (1991): Zum Bau der Milchdrüse des Rindes während der Trokenstehperiode und besonderer Berücksichtigung der Involutionsprozesse. I. Lichtmikroskopische Untersuchungen. *Anat. Histol. Embryol.* 20, 101-110
404. MICHEL, G., W. SEFFNER u. J. SCHULZ (1974): Zur Frage der Hyperkeratose des Strichkanalepithels der Zitze des Rindes. *Monatsh. Veterinärmed.* 29, 570-574
405. MIELKE, H. (1975): Das Verhalten der osmotisch-aktiven Substanzen in der Milch gesunder und kranker Euterviertel als Grundlage automatisierbarer Eutergesundheits- und Milchqualitätskontrollsysteme bei der industriemäßigen Milchproduktion. *Monatsh. Veterinärmed.* 30, 334-338
406. MIELKE, H. (1980): Das mononukleäre Phagozytensystem und die Makrophagen der Kuhmilch. *Monatsh. Veterinärmed.* 35, 370-376
407. MIELKE, H. (1994): Physiologie der Laktation. in: WENDT, K., H. BOSTEDT, H. MIELKE u. H.-W. FUCHS: *Euterkrankheiten*. Verlag Fischer, Jena, S. 64-137
408. MIELKE, H., u. C. KOBLLENZ (1981): Herkunft und Verhalten der Makrophagen der Milch eutergesunder und euterkranker Kühe. *Arch. Exp. Vet. Med.* 35, 1-18
409. MIELKE, H., u. B. FÜRL (1989): Die Zellen der peripheren Euterlymphe unter Berücksichtigung der B- und T-Lymphozyten im Vergleich zu den Zellen des peripheren Blutes und der Milch bei gesunden sowie bei mastitis- und leukosekranken Kühen. *Monatsh. Veterinärmed.* 44, 629-632
410. MIELKE, H., C. KOBLLENZ u. W. BEUCHE (1991): Verhalten der somatischen Zellen im Eutersekret. *Prakt. Tierarzt* 72, 785-798
411. MILLER, R., M. PAAPE u. L. FULTON (1991): Variation in milk somatic cells of heifers at first calving. *J. Dairy Sci.* 74, 3782-3790
412. MILLER, R., D. WOOD, J. BITMAN u. S. BRIGHT (1989): Effect of subclinical mastitis on lipid composition of teat canal keratin. *J. Dairy Sci.* 72 (suppl. 1), 15
413. MILNE, J. (1976): Natural defense against mastitis. *New Zealand J. Agricult.* 133, 17-18
414. MILNE, J. (1977): Natural defense mechanisms against mastitis. in: *Nat. Mastitis Council, Arlington 1977, Kongr.ber.*, S. 19-38
415. MISERY, L. (1998): Langerhans cells in the neuro-immuno-cutaneous system. *Neuroimmunol.* 14, 83-87
416. MOLYNEUX, G. (1964): Observations on the distribution of arterio-venous anastomoses in sheep skin. *J. Anat.* 98, 483
417. MOLYNEUX, G. (1965): Observations on the structure, distribution and significance of arterio-venous anastomoses in sheep skin. in: LYNE, A., u. B. SHORT: *Biology of the skin and hair growth*. Halstead Press, Sydney, S. 591-602
418. MOLYNEUX, G. (1970): Innervation of arteriovenous anastomoses. *J. Anat.* 106, 203
419. MOLYNEUX, G. (1977): Innervation of arteriovenous anastomoses: demonstration in skin of nonadrenergic noncholinergic nerves containing large granular vesicles. *Anat. Rec.* 187, 652-659
420. MOLYNEUX, G., u. C. GRIFFIN (1963): Arterio-venous anastomoses in body skin of merino sheep. *J. Dent. Res.* 42, 6
421. MOLYNEUX, G., C. HALLER, K. MOGG u. C. POLLITT (1994): The structure, innervation and location of arteriovenous anastomoses in the equine foot. *Equine Vet. J.* 26, 305-312
422. MONTAGNA, W. (1963): The phylogenetic significances of the skin of man. *Arch. Dermatol.* 88, 1-19
423. MONTAGNA, W. (1967): Comparative anatomy and physiology of the skin. *Arch. Dermatol.* 96, 357-364
424. MONTAGNA, W., u. P. PARAKKAL (1974): *The structure and function of skin*. Academic Press, New York

425. MONTAGNA, W., A. KLIGMAN u. K. CARLISLE (1992): Blood vessels. in: MONTAGNA, W., A. KLIGMAN u. K. CARLISLE: Atlas of the normal human skin. Verlag Springer, New York, S. 155-189
426. MONTEIRO-RIVIERE, N. (1991): Comparative anatomy, physiology, and biochemistry of mammalian skin. in: HOBSON, D.: Dermal and ocular toxicology. CRC Press Boca Raton, Ann Arbor, Boston, London, S. 3-72
427. MONTGOMERY, I., A. JENK u. H. ELDER (1982 a): The effect of thermal stimulation on the ultrastructure of the fundus and duct of the equine sweat gland. J. Anat. 135, 13-28
428. MONTGOMERY, I., D. McE. JENKINSON u. H. ELDER (1982 b): The ultrastructure of the sweat gland duct of the ox, sheep and goat before and during sweating. J. Anat. 134, 741-755
429. MOORE, P., u. A. MARIASSY (1986): Dendritic (Langerhans) cells in canine epidermis: ultrastructure and distribution. Anat. Histol. Embryol. 15, 178-179
430. MORALES, C., u. C. PELOZO (1978): Ultrastructural study of the basal plasma membrane of the cow's mammary alveolar cell. Anat. Histol. Embryol. 7, 273-275
431. MORESL, J., u. T. HORN (1997): Distribution of Langerhans cells in human hair follicle. Cutan. Pathol. 24, 636-640
432. MORGAN, G., u. F. WOODING (1982): A freeze-fracture study of tight junction structure in sheep mammary gland epithelium during pregnancy and lactation. J. Dairy Sci. 49, 1-11
433. MORRILL, C. (1938): A histopathological study of the bovine udder. Cornell Vet. 28, 196-201
434. MORRIS, D. (1968): Der nackte Affe. Verlag Droemer Knaur, München, Zürich
435. MORRIS, D. (1994): Catwatching. Verlag Heyne, München
436. MORTIMER, P., G. CHERRY, R. JONES, R. BARNHILL u. T. RYAN (1983): The importance of elastic fibres in skin lymphatics. Brit. J. Dermatol. 108, 561-566
437. MOSIMANN, W. (1949): Zur Anatomie der Rindermilchdrüse und über die Morphologie ihrer sezernierenden Teile. Acta anat. 8, 347-378
438. MOSIMANN, W. (1969): Zur Involution der bovinen Milchdrüse. Schw. Arch. Tierheilk. 111, 431-439
439. MOSIMANN, W., u. T. KOHLER (1990): Milchdrüse. in: MOSIMANN, W., u. T. KOHLER: Zytologie, Histologie und mikroskopischen Anatomie der Haustiere. Verlag Parey, Berlin, Hamburg, S. 288-294
440. MÜLLER, W. (1995): Stammzellen erlauben anhaltendes Wachstum und Erneuerung. in: MÜLLER, W.: Entwicklungsbiologie: Einführung in die klassische und molekulare Entwicklungsbiologie von Mensch und Tier. Verlag Fischer, Stuttgart, Jena, S. 205-211
441. MUNGER, B. (1965): The cytology of apocrine sweat glands. II. Human. Z. Zellforsch. 68, 837-851
442. MURAD, T., u. E. VON HAAM (1968): Ultrastructure of myoepithelial cells in human mammary gland tumors. Cancer 21, 1137-1149
443. MURPHY, J. (1959): The effect of certain mild stress to the bovine teat canal on infection with *Streptococcus agalactiae*. Cornell Vet. 49, 411-421
444. MYKYTOWYCZ, R. (1972): The behavioural role of the mammalian skin glands. Naturwissensch. 59, 133-139
445. MYKYTOWYCZ, R., u. B. GOODRICH (1974): Skin glands as organs of communication in mammals. J. Invest. Dermatol. 62, 124-131
446. MYLLYS, V., T. HONKANEN-BUZALSKI, H. VIRTANEN, S. PYORALA u. H. MÜLLER (1994): Effect of abrasion of teat orifice epithelium on development of bovine staphylococcal mastitis. J. Dairy Sci. 77, 446-452
447. NAFSTAD, P. (1972): On the dermal innervation. Z. Anat. Entwickl.-Gesch. 135, 337-349
448. NAFSTAD, P. (1987): Evidence of turnover of mammalian Merkel cells. J. Anat. 151, 57-64

449. NAGATO, T., H. YOSHIDA u. Y. UEHARA (1980): A scanning electron microscope study of myoepithelial cells in exocrine glands. Cell Tiss. Res. 209, 1-10
450. NEAVE, F., u. J. OLIVER (1962): The relationship between the number of mastitis pathogens placed on the teats of dry cows, their survival and the amount of intramammary infection caused. J. Dairy Res. 29, 79-92
451. NERLICH, A., u. E. SCHLEICHER (1991): Identification of lymph and blood capillaries by immunohistochemical staining for various basement membrane components. Histochem. 96, 449-453
452. NEURAND, K., u. W. MEYER (1987): Die Säugerhaut - Barriere oder Eintrittspforte? Ef-fem Forsch. Kleintiernahrung, Report Nr. 24
453. NEVILLE, M., u. M. PEAKER (1981): Ionized calcium in the milk and the integrity of the mammary epithelium in the goat. J. Physiol. 313, 561-570
454. NGATIA, T., N. JENSEN u. B. BERG (1991): Microscopic changes in infected bovine teats. Brit. Vet. J. 147, 133-139
455. NICKERSON, S. (1985 a): Immune mechanisms of the bovine udder: an overview. J. Am. Vet. Med. Assoc. 1, 187, 41-54
456. NICKERSON, S. (1985 c): The teat's role in mastitis prevention. in: 24. Nat. Mastitis Council, Las Vegas 1985, Kongr.ber., S. 18-19
457. NICKERSON, S. (1987): Amyloid fibril formation in the bovine mammary gland: an ultrastructural study. Cytobios. 51, 81-92
458. NICKERSON, S. (1988): Heterogeneity of the plasma cell response to bovine staphylococcal mastitis: an ultrastructural study. Cytobios. 55, 155-165
459. NICKERSON, S. (1989): Cilia on bovine mammary epithelium: ultrastructural observations. Cell Tiss. Res. 255, 675-677
460. NICKERSON, S., u. J. PANKEY (1983): Cytologic observations of the bovine teat end. Am. J. Vet. Res. 44, 1433-1441
461. NICKERSON, S., u. J. PANKEY (1984): Neutrophil migration through teat end tissues of bovine mammary quarters experimentally challenged with *Staphylococcus aureus*. J. Dairy Sci. 67, 826-834
462. NICKERSON, S., u. J. PANKEY (1985): Electron microscopic study of leucocytic infiltration of the mammary teat duct during infection with *Staphylococcus aureus*. Res. Vet. Sci. 38, 167-173
463. NICKERSON, S., u. L. SORDILLO (1987): Origin, fate, and properties of multinucleated giant cells and their association with milk-synthesizing tissues of the bovine mammary gland. Immunobiol. 174, 200-209
464. NICKERSON, S., R. AKERS u. B. WEINLAND (1982): Cytoplasmic organization and quantitation of microtubules in bovine mammary epithelial cells during lactation and involution. Cell Tiss. Res. 223, 421-430
465. NICKERSON, S., J. PANKEY, L. WATTS u. N. BODDIE (1983): Role of the teat end in preventing bovine mastitis. Louisiana Agric. 26, 6-8
466. NICKERSON, S., J. PANKEY u. N. BODDIE (1984): Distribution, location and ultrastructure of plasma cells in the uninfected, lactating bovine mammary gland. J. Dairy Res. 51, 209-217
467. NICKERSON, S., L. SORDILLO, N. BODDIE u. A. SAXTON (1985): Prevalence and ultrastructural characteristics of bovine mammary corpora amylacea during the lactation cycle. J. Dairy Sci. 68, 709-717
468. NICKERSON, S., M. PAAPE, R. HARMON u. G. ZIV (1986): Mammary leukocyte response to drug therapy. J. Dairy Sci. 69, 1733-1742
469. NIGGLI-STOKAR, U. (1961): Faseranalyse der Euternerven und der Nervenendformationen in der Zitzenhaut des Rindes. Acta anat. 46, 104-126
470. ODLAND, G. (1960): A submicroscopic granular component in human epidermis. J. Invest. Dermatol. 34, 11-15

471. ODLAND, G. (1983): Structure of the skin. in: GOLDSMITH, L.: Biochemistry and physiology of the skin. Oxford Univ. Press, New York, Bd. 1, S. 3-63
472. ODLAND, G., u. K. HOLBROOK (1981): The lamellar granules of epidermis. Curr. Probl. Dermatol. 9, 29-49
473. OTTAVIANI, G., u. G. AZZALI (1965): Ultrastructure des capillaires lymphatiques. in: Symp. int. Morphologie et Histochemie du Paroi Vasculaire, Verlag Karger, Fribourg, Basel, S. 325-360
474. OTTOLENGHI, D. (1901): Beitrag zur Histologie der funktionierenden Milchdrüsen. Arch. mikr. Anat. Entwicklungsmech. 58, 581-608
475. OXLUND, H., J. MANSCHOT u. A. VIIDIK (1987): The role of elastin in the mechanical properties of skin. J. Biomechanics 21, 213-218
476. PAAPE, M., u. A. CAPUCO (1997): Cellular defense mechanisms in the udder and lactation of goats. J. Anim. Sci. 75, 556-565
477. PAAPE, M., u. W. WERGIN (1977): The leukocyte as a defence mechanism. J. Amer. Vet. Med. Ass. 170, 1214-1223
478. PAAPE, M., u. R. MILLER (1988): Identification of epithelial cells in bovine milk. J. Dairy Sci. 71 (Suppl.), 232
479. PATTISON, I. (1952): Studies on experimental streptococcal mastitis. VI. Histological examination of the teats of affected goats. J. Comp. Pathol. 62, 1-5
480. PEAKER, M. (1975): Recent advances in the study of monovalent ion movement across the mammary epithelium: relation to onset of lactation. J. Dairy Sci. 58, 1042-1047
481. PEETERS, G., G. COCQUYT u. A. DE MOOR (1963): Lymphbeim Rind. Ann. Endocrinol. 24, 717-721
482. PEETERS, G., A. HOUVENAGHEL, E. ROETS, A.-M. MASSART-LEEN, R. VERBEKE, A. DHONDT u. F. VERSCHOOTEN (1979): Electromagnetic blood flow recording and balance of nutrients in the udder of the lactating cow. J. Anim. Sci. 48, 1143-1153
483. PFLEGER, L. (1964): Histologie und Histopathologie cutaner Lymphgefäße der unteren Extremitäten. Mitt. 1. Morphologie der cutanen Lymphgefäße. Arch. klin. exp. Dermatol. 221, 1-22
484. PFLUMM, W. (1996): Aufzucht der Jungen. in: PFLUMM, W. (Hrsg.): Biologie der Säugetiere. 2. Aufl. Verlag Parey, Berlin, S. 205-231
485. PHILPOT, W. (1975): Control of mastitis by hygiene and therapy. J. Dairy Sci. 62, 168-176
486. PINKUS, F. (1927): Die normale Histologie der Haut. in: JADASSOHN, J.: Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten. Verlag Springer, Berlin, Bd. 1, S. 1-378
487. PITELKA, D., u. S. HAMAMOTO (1977): Form and function in mammary epithelium: the interpretation of ultrastructure. J. Dairy Sci. 60, 643-654
488. LEWIS, G., u. R. MARPLES (1970): Regional differences of cell size in the human stratum corneum. J. Invest. Dermatol. 54, 13-21
489. POUTREL, B., u. C. LERONDELLE (1983): Cell content of goat milk: California mastitis test, coulter counter and fossomatic for predicting half udder infection. J. Dairy Sci. 66, 2575-2579
490. PROSSER, C., S. DAVIS, V. FARR, P. LACASSE (1996): Regulation of blood flow in the mammary microvasculature. J. Dairy Sci. 79, 1184-1197
491. PRUSTY J. (1958): Distribution of the elastic tissue in the mammary gland of a cow. Brit. Vet. J. 114, 411-413
492. PULLEY, L. (1973): Ultrastructural and histochemical demonstration of myoepithelium in the normal canine mammary gland. Am. J. Vet. Res. 34, 1505-1512
493. RADNOR, C. (1972): Myoepithelium in the prelactating and lactating mammary glands of the rat. J. Anat. 112, 337-353
494. REAVEN, E., u. A. COX (1965): Histidine and keratinization. J. Invest. Dermatol. 45, 422-431

495. REBER, T. (1983): Vergleichende histologisch-histochemische Untersuchungen der apokrinen Drüsen und der blässen Epithelien der Mamma. Köln, Univ. Hohe Med. Fak. Diss.
496. REES, S., I. NITSOS u. J. RAWSON (1994): The development of cutaneous afferent pathways in fetal sheep: a structural and functional study. Brain Res. 24, 207-222
497. REGI, G., R. HONEGGER, S. BÜCHI, V. SEGESSEMANN u. P. RUSCH (1991): Zellzahlen und Schalmtestbefunde von Milch eutergesunder Milchschafe im Verlaufe einer ganzen Laktation. Schweiz. Arch. Tierheilkd. 133, 75-80
498. REID, I. (1972): Corpora amylacea of the bovine mammary gland. Histochemical and electron microscopic evidence for their amyloid nature. J. Comp. Pathol. 82, 409-413
499. REID, I., u. R. CHANDLER (1973): Ultrastructural studies on the bovine mammary gland with particular reference to glycogen distribution. Res. Vet. Sci. 14, 334-340
500. RICHTER, I. (1928): Zur Frage über die Struktur der Ausführungsgänge der Milchdrüsen. Anat. Anz. 66, 145-156
501. RIENITS, K. (1960): The acid mucopolysaccharides of the sexual skin of apes and monkeys. Biochem. J. 74, 27-38
502. ROBERTS, S. (1963): Barriers to *Dermatophilus dermatonomus* infection on the skin of sheep. Aust. J. Agric. Res. 14, 492-508
503. ROBERTSON, D., u. F. GHADIALLY (1983): Case 15: melanotic schwannoma. Ultrastruct. Pathol. 5, 369-373
504. ROCK, J., u. M. WOOD (1959): Potassium and lactose in milk in relation to the physiology of milk secretion. Nature 134, 647-648
505. ROMEIS, B. (1989): Färben der Schnitte. in: ROMEIS, B.: Histologische Technik. Urban & Schwarzenberg, München, Wien, S. 179-249
506. RÖMER, R. (1990): Untersuchungen über das Keratin und dessen Lipide im Strichkanal der bovinen Milchdrüse. Gießen, Univ. Fachber. Agrarwissenschaft. Diss.
507. ROSS, M., W. ROHEN, E. LÜTTJEN-DRECOLL u. G. KAYE (1995 a): Haut. in: ROSS, M., W. ROHEN, E. LÜTTJEN-DRECOLL u. G. KAYE: Atlas der Histologie. 2. Aufl. Verlag Ullstein Mosby & Co., Berlin, Wiesbaden, S. 124-135
508. ROSS, M., W. ROHEN, E. LÜTTJEN-DRECOLL u. G. KAYE (1995 b): Endokrine Organe. in: ROSS, M., W. ROHEN, E. LÜTTJEN-DRECOLL u. G. KAYE: Atlas der Histologie. 2. Aufl. Verlag Ullstein Mosby & Co., Berlin, Wiesbaden, S. 206-219
509. ROTA, A., C. GONZALO, P. RODRIGUEZ, A. ROJAS, L. MARTIN u. J. TOVAR (1993): Somatic cell types in goats milk in relation to total cell count, stage and number of lactation. Small Rumin. Res. 12, 89-98
510. RUBELI, O. (1915): Besonderheiten im Ausführungssystem der Milchdrüse des Rindes. Verh. Schweiz. Naturforsch. Gesell. 74, 653-654
511. RUPEC, M. (1980): Mikroskopische und elektronenmikroskopische Anatomie der Haut. in: KORTING, G. (Hrsg.): Dermatologie in Praxis und Klinik. Verlag Thieme, Stuttgart, New York, Bd. 1, S. 1.14-1.52
512. RÜSCH, P. (1988): Die gedeckten Zitzenverletzungen beim Rind. Zürich, Univ. Veterinärmed. Fak. Habil.-Schr.
513. RUSZNYAK, I., M. FÖLDI u. G. SZABO (1969): Spezielle Anatomie des Lymphgefäßsystems. in: RUSZNYAK, I., M. FÖLDI u. G. SZABO: Lymphologie, Physiologie und Pathologie der Lymphgefäße und des Kreislaufes. Verlag Fischer, Stuttgart, S. 81-146
514. RYAN, T. (1989): Structure and function of lymphatics. J. Invest. Dermatol. 93, 18S-24S
515. RYAN, T. (1995): Mechanical resilience of skin: a function for blood supply and lymphatic drainage. Clin. Dermatol. 13, 429-432
516. RYDER, M. (1955 a): Studies on the nutrition of wool follicles in sheep. The anatomy of the general blood supply to the skin. J. Agric. Sci. 45, 311-326
517. RYDER, M. (1955 b): The blood supply to the wool follicle. in: Int. Wool Res. Conf., Austr. 1955, Kongr.ber., Bd. F 63, S. 91

518. SAJONSKI, H., u. A. SMOLLIICH (1978): Zelle und Gewebe. Verlag Hirzel, Leipzig
519. SAR, M., u. M. CALHOUN (1966): Microscopic anatomy of the integument of the Common American Goat. Am. J. Vet. Res. 27, 444-456
520. SARGON, M., H. CELIK, D. DEMIRYÜREK u. A. DAGDEVIREN (1998): Fine structure of the human coccygeal body: a light and electron microscopic study. Ann. Anat. 180, 11-14
521. SASSHOFFER, K., A. LOIBL u. O. KESSLER (1987): Erkrankungen bei Schaf und Ziege: 7. Euterentzündungen. Wien. Tierärztl. Monatsschr. 74, 125-135
522. SCHAFFER, J. (1940): Die Hautdrüsenorgane der Säugetiere. Verlag Urban & Schwarzenberg, Berlin
523. SCHALLER, O. (1956): Die periphere sensible Innervation der Haut am Rumpfe des Rindes. Wien. Tierärztl. Monatsschr. 43, 346-368, 534-561
524. SCHANDER, W. (1951): Die Blutgefäße des Euters der Ziege. Tierärztl. Umsch. 5/6, 77-81
525. SCHIEBLER, T., u. W. SCHMIDT, W. (1987): Lehrbuch der gesamten Anatomie des Menschen. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg
526. SCHLEGER, A., u. K. BEAN (1973 a): The melanocyte system of cattle skin. I. Amelanotic dendritic cells of epidermis. Aust. J. Biol. Sci. 26, 973-983
527. SCHLEGER, A., u. K. BEAN (1973 b): The melanocyte system of cattle skin. II. Melanotic melanocytes of epidermis and dermis. Aust. J. Biol. Sci. 26, 985-997
528. SCHMALSTIEG, R. (1956): Vergleichende Untersuchungen über den Ausbildungsgrad des Drüsenparenchyms in den einzelnen Eutervierteln. Z. Tierzücht. Züchtungsbiol. 68, 172-189
529. SCHMALSTIEG, R. (1958): Die Strukturverhältnisse der Milchdrüse des schwarzbunten Rindes und ihre Beziehungen zu Euter- und Leistungsmerkmalen. Z. Tierzücht. Züchtungsbiol. 72, 113-150, 196-224
530. SCHMID-SCHÖNBEIN, G. (1990): Microlymphatics and lymph flow. Physiological Reviews 70, 987-1028
531. SCHMIDT, W., J. RICHTER u. R. GEIBLER (1974): Die dermo-epidermale Verbindung - Untersuchungen an der Haut des Menschen. Z. Anat. Entwicklungsgesch. 145, 283-297
532. SCHNEIDER, B., u. G. MICHEL (1975): Histologische und histochemische Untersuchungen zur Innervation der Milchdrüse vom Rind (*Bos taurus* L.). Z. Mikrosk. Anat. Forsch. 89, 231-238
533. SCHOLZ, U. (1959): Zellanalytische Studien über die Milch gesunder Schafe mit vergleichenden Betrachtungen zum Zellgehalt der Milch anderer Tiere. Berlin, Humboldt-Univ. Veterinärmed. Fak. Diss.
534. SCHÖNBERG, F. (1929): Ueber die Bildung und Lagerung des Oberhaut- und Haarpigmentes in der braunen Pferdehaut. Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 45, 173-176
535. SCHÖNHERR, W. (1965): Die quantitative und qualitative Bestimmung des Zellgehaltes der Milch. in: SCHÖNHERR, W.: Tierärztliche Milchuntersuchung. 2. Aufl. Verlag Hirzel, Leipzig, S. 102-126
536. SCHORN, J. (1959): Zur Orthologie und Pathologie der Hoyer-Grosserschen Organe. Verlag Thieme, Stuttgart
537. SCHÖTT, S. (1993): Die bakterielle Besiedlung des Zitzenkanals beim Rinde während der Laktation und im Verlaufe des Trockenstehens. Leipzig, Univ. Veterinärmed. Fak. Diss.
538. SCHÖTT, S., u. J. SCHULZ (1993): Bakterielle Besiedlung des Zitzenkanals: Bedeutung für Pathogenese, Diagnostik und Therapie. in: Kongr. d. Dtsch. Veterinärmed. Ges. Fachgruppe „Milchhygiene“, Leipzig 1993, Tagungsber., S. 146-157
539. SCHOTTERER, A. (1933): Vergleichende Hautuntersuchungen bei Rindern. Z. Züchtung 26, 203-218
540. SCHÜPPEL, K.-F. (1983): Corpus amylaceum. in: WIESNER, E., u. R. RIBBECK (Hrsg.): Wörterbuch der Veterinärmedizin. Verlag Fischer, Jena, S. 238
541. SCHULZ, J. (1994): Somatische Zellen der Ziegenmilch. Tierärztl. Prax. 5, 438-442

542. SCHULZ, J., G. MICHEL u. S. DUMKE (1992): Blut-Eutergewebe-Milchschanke beim gesunden und beim kranken Euter. in: Aktuelles zur Mastitis und zur Milchqualität. Berlin 1992, Tagungsbeitr., S. 3-6
543. SCHULZ, J., T. HANISCH, S. DUMKE, S. SPRINGER u. K. BECK (1998): Abfall der Laktosekonzentration in der Kuhmilch als Ausdruck erhöhter Permeabilität der Schranken zwischen Hohlraumsystem des Euters und Blut. Prakt. Tierarzt 79, 657-665
544. SCHULZE, E., u. H. GRAUPNER (1960): Das fixierte Präparat. in: SCHULZE, E., u. H. GRAUPNER (Hrsg.): Anleitung zum mikroskopisch-technischen Arbeiten in Biologie und Medizin. 2. Aufl. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig, S. 44-94
545. SCHULZE-PETZOLD, H. (1960): Beitrag zur zytologischen Beurteilung der Milch. Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 73, 349-352
546. SCHWARZ, R., M. SAGLAM, A. TANYOLAC, R. ASTI, Z. ÖZCAN u. W. MEYER (1991): Mikroskopische Untersuchungen an der Haut der Türkischen Angoraziege. II. Funktionelle Morphologie der Haarfollikel. Dtsch. tierärztl. Wochenschr. 98, 297-303
547. SCOTT, D. (1988): Structure and function of the skin. in: SCOTT, D.: Large animal dermatology. Saunders Company, Philadelphia, S. 2-28
548. SCOW, R., E. BLANCHETTE-MACHIE, C. MENDELSON, M. HAMOSH u. O. ZINDER (1975): Incorporation of dietary fatty acids into the milk triglyceride: mechanisms and regulation. in: BERGER, H.: Modern problems in paediatrics. Verlag Karger, Basel, München, Bd. 15, S. 31-45
549. SEELIG, L., u. A. BEER (1972): Transepithelial migration of leucocytes in the mammary gland of the lactating rats. Biol. Reprod. 17, 736-744
550. SEKHRI, K., D. PITELKA u. K. DE-OME (1967): Studies of mouse mammary glands. I. Cytomorphology of the normal mammary gland. J. Nat. Cancer Inst. 39, 459-490
551. SELYE, H. (1965): The mast cells. Butterworths, Washington
552. SENFT, B., u. J. NEUDECKER (1991): Abwehrmechanismen der bovinen Milchdrüse. Tierärztl. Prax. 19, 357-363
553. SENGBUSCH, P. (1979): Molekular- und Zellbiologie. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg
554. SHDANOW, D. (1962): Zur Lösung der Streitfragen über die funktionelle Morphologie des Lymphgefäßsystems. Anat. Anz. 111, 17-50
555. SHELDRAKE, R., u. A. HUSBAND (1985): Specific antibody-containing cells in the mammary gland of non-lactating sheep after intraperitoneal and intramammary immunisation. Res. Vet. Sci. 38, 312-316
556. SHELLLOW, W., u. A. KLIGMAN (1967): Three-dimensional visualization of elastic fibers in thick skin sections. Arch. Dermatol. 95, 221-224
557. SILBERBERG-SINAKIN, I., u. G. THORBECKE (1980): Contact hypersensitivity and Langerhans cells. J. Invest. Dermatol. 75, 61-67
558. SINOWATZ, S., K.-H. WROBEL, F. EL ETREBY u. F. SINOWATZ (1980): On the ultrastructure of the canine mammary gland during pregnancy and lactation. J. Anat. 131, 321-332
559. SISSOKO, S. (1983): Der Laktosegehalts in Harn und Milch der Rindes bei subklinischer B-Streptokokken-Mastitis. Hannover, Tierärztl. Hochsch. Diss.
560. SMITH, A., u. H. COETZEE (1979): The survival of *Staphylococcus aureus* on teats and orifices of cows in the dry period. S. Afr. J. Dairy Technol. 11, 79-81
561. SMITH, K., u. D. TODHUNTER (1982): The physiology of mammary glands during the dry period and the relationship to infection. in: Nat. Mastitis Council, Louisville 1982, Kongr.ber., S. 87-100
562. SMITH, M., u. M. ROGUINSKY (1977): Mastitis and other diseases of the goat's udder. J. Amer. Vet. Med. Ass. 171, 1241-1248
563. SMOLLE, J. (1998): Grundlagen der Dermatologie. in: HENZ, B., H. KERL, T. ROSENBAACH u. W. STERRY (Hrsg.): Dermatologie und Venerologie. de Gruyter, Berlin, New York, S. 1-16

564. SMOLLICH, A. (1992): Milchdrüse. in: SMOLLICH, A., u. G. MICHEL: Mikroskopische Anatomie der Haustiere. Verlag Fischer, Jena, Stuttgart, S. 336-354
565. SØRENSEN, V., u. G. PRASAD (1973): On the fine structure of horse sweat glands. Z. Anat. Entwicklungsgesch. 139, 173-183
566. SORDILLO, L., u. S. NICKERSON (1986): Growth patterns and histochemical characterization of bovine mammary corpora amylacea. J. Histochem. Cytochem. 34, 593-597
567. SORDILLO, L., u. S. NICKERSON (1988): Morphologic changes in the bovine mammary gland during involution and lactogenesis. Am. J. Vet. Res. 49, 1112-1120
568. SPANEL-BOROWSKI, K., u. A. MAYERHOFER (1987): Formation and regression of capillary sprouts in corpora lutea of immature superstimulated golden hamsters. Acta Anat. 128, 227-235
569. SPANNER, O. (1952): Anatomie der arterio-venösen Anastomosen. Verh. Dtsch. Gesell. Kreisforsch. 18, 257-278
570. SPEARMAN, R. (1977): in: JARRETT, A. (Hrsg.): The physiology and pathophysiology of the skin. Academic Press, New York, S. 1255-1279
571. SPEARMAN, R., u. J. HARDY (1977): Ultrastructure of the contrasting types of keratinization seen in the tail epidermis of the laboratory mouse (*Mus musculus*). Arch. Dermatol. Res. 258, 33-40
572. STAUBESAND, J. (1950): Über verschiedene Typen arterio-venöser Anastomosen und Glomusorgane im Hahnenkamm. Z. Zellforsch. 35, 265-292
573. STAUBESAND, J. (1952): Neue Befunde zur Histophysiologie der Glomusorgane. Verh. Dtsch. Gesell. Kreisforsch. 18, 315-318
574. STAUBESAND, J. (1953): Der Feinbau des Glomus coccygicum und des Glomerula caudalia, Teil 3. Acta anat. 19, 309-344
575. STAUBESAND, J. (1955): Zur Morphologie der arterio-venösen Anastomosen. in: BARTELHEIMER, H., u. A. KÜCHMEISTER: Kapillaren und Interstitium. Verlag Thieme, Stuttgart, S. 18-28
576. STEIGLEDER, G. (1963): Struktur der Haut als Grundlage ihrer Funktion. Naturw. Rdschau 16, 139-144
577. STEIGLEDER, G. (1992): Funktionelle Anatomie der Haut. in: DENGLER, H., u. I. KNOP: Klinische Pharmakologie der Haut und Sinnesorgane. Verlag Fischer, Jena, Stuttgart, S. 3-24
578. STELWAGEN, K., S. DAVIS, V. FARR, C. POSSER u. R. SHERLOCK (1994): Mammary epithelial tight junction integrity and mammary blood flow during an extended milking interval in goats. J. Dairy Sci. 77, 426-432
579. STERBA, P. (1982): Zur Ultrastruktur des Epithels der großen Milchgänge und der Drüsenzisterne des Rindereuters. Leipzig, Univ. Veterinärmed. Fak. Dipl.-Arb.
580. STERBA, P. (1986): Morphologische Veränderungen im Bereich der Milchzisterne und Milchgänge des Rindereuters bei der Pathogenese akuter Mastitiden. Leipzig, Univ. Veterinärmed. Fak. Diss.
581. STERBA, P., J. SCHULZ, G. MICHEL u. K. BECK (1990 a): Experimentelle Euterinfektion mit *Escherichia coli*. 1. Mitteilung: Das Verhalten ausgewählter klinischer, hämatologischer und die Milchzusammensetzung betreffender Parameter. Arch. Exp. Vet. Med. 44, 727-739
582. STERBA, P., J. SCHULZ, G. MICHEL u. K. BECK (1990 b): Experimentelle Euterinfektion mit *Escherichia coli*. 2. Mitteilung: Morphologische Veränderungen der Epithelien im Bereich des Drüsenteils der Milchzisterne und der großen Milchgänge. Arch. Exp. Vet. Med. 44, 740-756
583. STEVENS, A., u. LOWE, J. (1992): Blut- und Lymphgefäßsystem. in: STEVENS, A., u. LOWE, J.: Histologie. Verlagsgesellschaft, Weinheim, S. 103-123
584. STEVENS, A., u. J. LOWE (1997 a): Die Zelle. in: STEVENS, A., u. J. LOWE: Histologie des Menschen. 2. Aufl. Chapman & Hall, London, Glasgow, S. 9-32

585. STEVENS, A., u. J. LOWE (1997 b): Blutgefäßsystem, Lymphgefäßsystem und Herz. in: STEVENS, A., u. J. LOWE: Histologie des Menschen. 2. Aufl. Chapman & Hall, London, Glasgow, S. 137-158
586. STEVENS, A., u. J. LOWE (1997 c): Haut und Brustdrüse. in: STEVENS, A., u. J. LOWE: Histologie des Menschen. 2. Aufl. Chapman & Hall, London, Glasgow, S. 355-375
587. STINGL, G., S. KATZ, I. GREEN u. E. SHEVACH (1980): The functional role of the Langerhans cells. J. Invest. Dermatol. 74, 315-318
588. STIRLING, J., u. J. CHANDLER (1976): The fine structure of the normal, resting terminal ductal-lobular unit of the female breast. Virch. Arch. pathol. Anat. Histol. 372, 205-226
589. STOJANOWIC, V. (1975): Die Blutgefäßversorgung des Euters des Schafes. Anat. Anz. 138, 240-250
590. STOSS, A. (1906): Die Haut des Pferdes. in: ELLENBERGER, W., u. H. BAUM: Handbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Haustiere. Verlag Parey, Berlin, Bd. 1, S. 161-163
591. STRAILE, W. (1960): Sensory hair follicles in mammalian skin: the tylotrich follicle. Am. J. Anat. 106, 133-141
592. STRAUSS, J., u. F. EBLING (1970): Control and function of skin glands in mammals. Mem. Soc. Endocrinol. 18, 341-371
593. STROBEL, I. (1996): Charakterisierung von Oberflächenantigenen auf humanen epidermalen Langerhans-Zellen am Beispiel des Antigens CD 69, des Rezeptors für Interleukin-2 (IL-2R) und des hochaffinen Rezeptors für IgE (FcεRI). Regensburg, Univ. Naturwissensch. Fak. III Diss.
594. STRUNK, D., u. G. STINGL (1995): Human Langerhans cells derived from CD34+ blood precursors: mode of generation, phenotypic and functional analysis, and experimental and clinical applicability. in: MOLL, H. (Hrsg.): The immune functions of epidermal Langerhans cells. Verlag Springer, New York, Berlin, S. 21-36
595. STÜNZL, H. (1973): Pathologie der Mastitis. Schw. Arch. Tierheilk. 115, 335-344
596. STÜTTGEN, G. (1990): Die biologische Funktion des Stratum corneum. Pharmakologische Bedingungen für die topische Applikation. in: RIETBROCK, N.: Die Haut als Transportorgan für Arzneistoffe. Verlag Steinkopff, Darmstadt, S. 1-14
597. STÜTTGEN, G., u. R. KÄFER (1987 a): Besonderheiten des Zellbesatzes im epidermalen Raum. in: STÜTTGEN, G., u. R. KÄFER: Bildtafeln zur vergleichenden Dermatologie. Verlag Fischer, Stuttgart, S. 9
598. STÜTTGEN, G., u. R. KÄFER (1987 b): Der Zellbesatz im subepidermalen Raum. in: STÜTTGEN, G., u. R. KÄFER: Bildtafeln zur vergleichenden Dermatologie. Verlag Fischer, Stuttgart, S. 10
599. SUAREZ, A.-M., u. A. MORUJO (1982): Variedades morfológicas del alvéolo de la glándula mammaria. Anat. Histol. Embryol. 11, 65-75
600. SULOCHANA, S., u. Y. SINGH (1995): Histochemical studies of the mammary gland parenchyma in pregnant Nali ewes. Small Rumin. Res. 18, 189-192
601. SÜß, R., R.-D. FAHR u. G. v. Lengerken (1999): Einflußfaktoren auf den somatischen Zellgehalt bei Ostfriesischen Milchschaften im Laktationsverlauf. Tierärztl. Prax. 27, 272-278
602. TAGAND, R. (1932): Anatomie des vaisseaux mammaires. Lait 12, 881-893
603. TAKAGI, S., u. M. TAGAWA (1959): A cytological and cytochemical study of the sweat gland of the horse. Jap. J. Physiol. 9, 153-159
604. TAKAGI, S., u. M. TAGAWA (1961): Nerve fibres supplying the horse sweat gland. Jap. J. Physiol. 11, 158-161
605. TALUKDAR, A. (1973): A histological study of the dermo-epidermal junction in the skin of the horse. Res. Vet. Sci. 15, 328-332
606. TALUKDAR, A., M. CALHOUN, M. LOIS u. A. STINSON (1970): Sweat glands of the horse: a histologic study. Am. J. Vet. Res. 31, 2179-2190

607. TALUKDAR, A., M. CALHOUN u. A. STINSON (1972 a): Specialized vascular structures in the skin of the horse. *Am. J. Vet. Res.* 33, 335-338
608. TALUKDAR, A., M. CALHOUN u. A. STINSON (1972 b): Microscopic anatomy of the skin of the horse. *Am. J. Vet. Res.* 33, 2365-2390
609. TAMAKI, K., u. S. KATZ (1980): Ontogeny of Langerhans' cells. *J. Invest. Dermatol.* 75, 12-13
610. TATARCZUCH, L., C. PHILIP u. C. LEE (1997): Involution of the sheep mammary gland. *J. Anat.* 190, 405-416
611. TEICHER, M., L. FLAUM, M. WILLIAMS u. S. ECKHERT (1978): Survival, growth and behavior of neonatally bulbectomized rats. *Physiol. Behav.* 21, 533-561
612. THOMPSON, G. (1980): The distribution of blood flow in the udder of the sheep and changes brought about by cold exposure and lactation. *J. Physiol.* 302, 379-386
613. TOLLE, A. (1979): Maschinelles Milchentzug und Mastitis. *Molkerei-Ztg.* 33, 233-237
614. TOLLE, A. (1982): Die subklinische Kokkenmastitis des Rindes. *Zentralbl. Vet. Med. B* 29, 329-358
615. TOLLE, A., u. G. HAHN (1983): Immunisierungsvorgänge in der Milchdrüse beim Rind. *Fortschr. Veterinärmed.* 37, 90-96
616. TOWNSEND, W., M. GORRELL u. R. MAYER (1997): Langerhans cells in the development of skin cancer: a qualitative and quantitative comparison of cell markers in normal, acanthotic and neoplastic ovine skin. *Pathol.* 29, 42-50
617. TRAUTMANN, A., u. J. FIEBIGER (1949): Äußere Haut. in: TRAUTMANN, A., u. J. FIEBIGER: *Lehrbuch der Histologie und vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Haustiere*. Verlag Parey, Berlin, Hamburg, S. 292-324
618. TRAVNICEK, M., u. F. FEDERIC (1994): Euterkrankheiten der kleinen Wiederkäuer. in: WENDT, K., H. BOSTEDT, H. MIELKE u. H.-W. FUCHS: *Euterkrankheiten*. Verlag Fischer, Jena, S. 435-479
619. TREECE, J., G. MORSE u. C. LEVY (1966): Lipid analyses of bovine teat canal keratin. *J. Dairy Sci.* 49, 1240-1244
620. TSENG, M., u. A. SAFA (1983): Light, fluorescent, and electron microscopic analysis of cultured breast tumor cells (T-47D) treated with 9,10-anthracenedicarboxaldehyde bis[(4,5-dihydro-1H-imidazol-2-yl)hydrazon] dihydrochloride. *Cancer Res.* 43, 5910-5914
621. TSUKISE, A., u. W. MEYER (1987): Histochemical analysis of carbohydrates in the scrotal skin of the horse, with special reference to glandular appendages. *Zool. Anz.* 219, 129-140
622. TURNER, C. (1952): The mammary gland. 1. The anatomy of the udder of cattle and domestic animals. Lucas Bros, Columbia, Missouri
623. UEHLINGER, P. (1922): Entwicklung der Milchdrüse des Pferdes. Zürich, Univ. Veterinärmed. Fak. Diss.
624. ÜBERMUTH, K., C. BARTMANN u. H. WISSDORF (1998): Weibliche Geschlechtsorgane, Milchdrüse und Harnröhre. in: WISSDORF, H., H. GERHARDS u. B. HUSKAMP (Hrsg.): *Praxisorientierte Anatomie des Pferdes*. Verlag Schaper, Alfeld, Hannover, S. 583-610
625. UHRIN, V. (1981): Morphometric changes during the secretion cycle of the mammary glands in cows. *Zivocisna Vyroba* 26, 743-751
626. UNNA, P. (1908): Untersuchungen über die Lymph- und Blutgefäße der äußeren Haut mit besonderer Berücksichtigung der Haarfollikel. *Arch. mikrosk. Anat.* 72, 161-208
627. VAN DEN HEEVER, L., u. G. TURNER (1976): Subclinical bovine mastitis: comparison of results of two sets of diagnostic criteria. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 47, 263-264
628. VAN DER MERWE, N. (1985): Some observations on the morphology of the bovine teat canal (Ductus papillaris mammae). *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 56, 13-16
629. VARENDI, H., H. PORTER u. J. WINBERG (1994): Does the newborn find the nipple by smell? *Lancet* 344, 989-990

630. VARRIER-JONES, C. (1924): The cellular content of milk. *Lancet* 207, 537-542
631. VENZKE, C. (1940): A histological study of the teat and gland cistern of the bovine mammary gland. *J. Amer. Vet. Med. Ass.* 96, 170-175
632. VON BOMHARD, D., u. H. KAPPES (1976): Ultrastrukturelle und ultrahistochemische Untersuchungen an der Milchdrüse des Hundes. I. Ultrastrukturelle Untersuchungen. *Zentralbl. Vet. Med. C* 5, 68-78
633. VON SANDERSLEBEN, J., K. DÄMMRICH u. E. DAHME (1989): Pathologische Prozesse an der Interzellularsubstanz. in: VON SANDERSLEBEN, J., K. DÄMMRICH u. E. DAHME: *Pathologische Histologie der Haustiere*. 3. Aufl. Verlag Fischer, Jena, S. 21-41
634. VON STEMM, A. (1995): Untersuchungen an Langerhans Zellen und interdigitierenden dendritischen Zellen in der Haut und Lymphknoten von HIV-infizierten Patienten mit einer Kombination von Immunhistologie und In-situ Hybridisierung zur Darstellung einer möglichen produktiven Infektion mit HIV-1. Hamburg, Univ. Fachber. Med. Diss.
635. VOSS, H. (1977): Kreislaufapparat. in: VOSS, H.: *Grundriß der normalen Histologie und mikroskopischen Anatomie*. Verlag Thieme, Leipzig, S. 107-133
636. WAHBY, A., u. S. NASR (1957): A rapid laboratory method for diagnosis of bovine mastitis. *Zentralbl. Vet. Med.* 4, 341-358
637. WAKURI, H., K. MUTOH, H. ICHIKAWA u. B. LIU (1995): Microscopic anatomy of the equine skin with special reference to the dermis. *Okajimas Folia Anat. Jap.* 72, 177-184
638. WARREN, G., P. JAMES u. A. NEVILLE (1983): A morphometric analysis of the changes with age in the skin surface wax and the sebaceous gland area of Merino sheep. *Austr. Vet. J.* 60, 238-240
639. WEBB, R., u. T. STARZL (1953): The effect of blood vessel pulsations on lymph pressure in large lymphatics. *Bull. John Hopkins Hosp.* 93, 401-407
640. WEBER, A. (1977): The bovine mammary gland: structure and function. *J. Amer. Vet. Med. Ass.* 170, 1133-1136
641. WEBER, A., R. KITCHEL u. J. SAUTTER (1955): Mammary gland studies. I. The identity and characterization of the smallest lobule unit in the udder of dairy cow. *Am. J. Vet. Res.* 16, 255-263
642. WEBER, A., D. WYAND u. M. PHILLIPS (1957): Studies of the incidence and morphology of accessory glandular tissue in the teat canal of the bovine mammary gland. *Am. J. Vet. Res.* 18, 761-763
643. WEIGERT, C. (1898): Über eine Methode zur Färbung elastischer Fasern. *Zentralbl. Pathol.* 9, 289-292
644. WELSCH, U. (1997): Haut und Anhangsgebilde. in: WELSCH, U. (Hrsg.): *Histologie*. 5. Aufl. Verlag Urban & Schwarzenberg, München, S. 205-213
645. WENZEL, J. (1967): Zur Technik der Lymphgefäßdarstellung in Organen. *Z. Mikrosk. Anat. Forsch.* 76, 58-69
646. WHEATHER, P., H. BURKITT u. V. DANIELS (1987 a): Haut. in: WHEATHER, P., H. BURKITT u. V. DANIELS: *Funktionelle Histologie*. Verlag Urban & Schwarzenberg, München, Wien, S. 130-141
647. WHEATHER, P., H. BURKITT u. V. DANIELS (1987 b): Hormondrüsen. in: WHEATHER, P., H. BURKITT u. V. DANIELS: *Funktionelle Histologie*. Verlag Urban & Schwarzenberg, München, Wien, S. 258-276
648. WILDE, C., L. QUARRIE, E. TURNER, D. FLINT u. M. PEAKER (1997): Mammary apoptosis. *Liv. Prod. Sci.* 50, 29-37
649. WILLIAMS, D., u. G. MEIN (1985): The role of machine milking in the invasion of mastitis organisms and implications for maintaining low infection rates. *Kieler Milchwirtsch. Forsch.ber.* 37, 415-425
650. WIRZ, O. (1913): Das Hohlraumssystem der Milchdrüse beim Rind. Bern, Hohe Veterinärmed. Fak. Diss.

651. WITZEL, D. (1965): Rhythmic contractions of the teat sphincter in the bovine. J. Dairy Sci. 48, 251-252
652. WOODING, F. (1977): Comparative mammary fine structure. Symp. zool. Soc. Lond. 41, 1-39
653. WOODING, F., G. MORGAN u. H. CRAIG (1977): „Sunbursts“ and „christiesomes“: cellular fragments in normal cow and goat milk. Cell Tiss. Res. 185, 535-545
654. WOODWARD, W., T. BESSER, A. WARD u. L. CORBIL (1987): In vitro growth inhibition of mastitis pathogens by bovine teat skin normal flora. Can. J. Vet. Res. 51, 27-31
655. WUSCHKO, S., U. KUNTER, K.-H. SCHWABE u. H. KALVELAGE (1998): Erythromycin im Euter - Ergebnisse einer Studie zur biologischen Verfügbarkeit. Prakt. Tierarzt 79, 1157-1159
656. YAMADA, N., Y. KASHIMA u. T. INOUE (1996): Scanning electron microscopy of the basal surface of the epidermis of human digits. Acta anat. 155, 242-248
657. ZARKOWER, A., u. W. SCHEUCHENZUBER (1977): Teat apex microflora: influence of washing and dipping procedures. Cornell Vet. 67, 404-412
658. ZENKER, K. (1894): Chromkali-Sublimat-Eisessig als Fixierungsmittel. Münch. Med. Wochenschr. 41, 532-534
659. ZHANG, M., A. MENDONZA, U. SCHRAMM u. W. KÜHNEL (1993): Licht- und elektronenmikroskopische Befunde an den Lymphgefäßen des Hodens. Verh. Anat. Gesell. 88, 345-346
660. ZHANG, M., A. MENDONZA, U. SCHRAMM u. W. KÜHNEL (1996): Electron microscopic observations of the lymphatic vessels of the mammalian testis. Ann. Anat. 178, 461-465
661. ZIEGLER, H. (1941): Zur baulichen Eigenart der Milchgänge. Schw. Arch. Tierheilk. 83, 47-52
662. ZIEGLER, H. (1959): Das Lymphgefäßsystem der Rindermilchdrüse und dessen Bedeutung für die Milchsekretion. Bull. Schw. Aka. med. Wissensch. 15, 105-120
663. ZIEGLER, H., u. W. MOSIMANN (1960): Anatomie und Physiologie der Rindermilchdrüse. Verlag Parey, Berlin, Hamburg
664. ZIETSCHMANN, O. (1917): Anatomische Skizze des Euters der Kuh und die Milchströmung. Schw. Arch. Tierheilk. 12, 645-667
665. ZIMMERMAN, A. (1909): Über die Corpora Amylacea-ähnlichen Gebilde der Milchdrüse des Rindes. Z. Fleisch- und Milchhyg. 19, 425-429

8. Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, die vorliegende Habilitationsschrift selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt zu haben. Ich habe keine anderen als die im Schriftenverzeichnis angeführten Quellen benutzt und sämtliche Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder unveröffentlichten Schriften entnommen wurden, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, als solche kenntlich gemacht. Ebenfalls sind alle von anderen Personen bereitgestellten Materialien oder erbrachten Dienstleistungen als solche gekennzeichnet.

Leipzig, den 25. Dezember 1999

Th. Ludwig
Thomas Ludwig

Lebenslauf

- geboren am 25. 08. 1962 in Zwickau (Sachsen)
 - Besuch der POS „F. Fröbel“ in Zwickau, von September 1969 bis Juli 1976
 - Besuch der POS „E. Thälmann“ in Leubingen (Thüringen), von September 1976 bis Juli 1977
 - Besuch der EOS „E. Schneller“ in Sömmerda (Thüringen), von September 1977 bis Juli 1981
 - Abschluß der 10. Klasse „Mit Auszeichnung“, Lessing-Medaille in Silber, Diplom
 - Erlangung des Abiturs
 - Direktstudium der Veterinärmedizin an der Universität Leipzig vom 01. 09. 1984 - 31. 08. 1989
 - Verteidigung der Diplomarbeit mit der Note „sehr gut“
 - Abschluß als Diplom-Veterinärmediziner mit dem Gesamtpredikat „gut“
 - Forschungsstudent am Veterinär-Anatomischen Institut der Universität Leipzig, vom 01. 09. 1989 bis 31. 08. 1992
 - Qualifizierung zum Fachübersetzer Englisch, im Mai 1989
 - erfolgreiches Ablegen der Sprachkundigenprüfung IIa (Englisch) im März 1990
 - Approbation als Tierarzt, am 01. 09. 1990
 - Aufnahme selbständiger Lehrtätigkeit auf folgenden Gebieten:
 - histologische Kurse, Seminare, Testate und thematische Wiederholungskurse des I. und II. Studienjahres
 - anatomische Präparierübungen und Testate des I. und II. Studienjahres
 - embryologische Demonstrationskurse und Seminare des I. und II. Studienjahres
 - zoologische und botanische Kurse des I. Studienjahres
 - Promotion zum DOCTOR MEDICINAE VETERINARIAE am 27. 10. 1992 mit dem Dissertationsthema:

„Histomorphometrische und histologische Untersuchungen zur morphokinetischen Wirkung von Furazolidon und Huminsäuren, allein und in Kombination, auf die Spermiogenese adulter Ratten“
 - Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent am Veterinär-Anatomischen Institut der Veterinärmedizinischen Fakultät, Universität Leipzig vom 15. 10. 1992 bis 14. 10. 1998, dabei auch Tätigkeit in Kommissionen der demokratischen Selbstverwaltung
 - Betreuung mehrerer Doktoranden, speziell in Fragen der Bildanalyse
 - Übernahme des Unterrichtsfachs: „Medizin, funktionelle Anatomie und Physiologie“ im Rahmen der Ausbildung der Tierärzthelferinnen in der II. und III. Fachstufe, ab September 1992 bis Juni 1994
 - ab September 1996 Vorlesungen in den Fächern allgemeine und spezielle Histologie
 - ab September 1996 Kursleiter der histologischen Kurse allgemeine und spezielle Histologie des I. und besonders des II. Studienjahres
- Lehrtätigkeit auf den Gebieten Anatomie, Histologie und Embryologie des I. und II. Studienjahres (histologische Kurse, Seminare, anatomische Präparierübungen, Testate, thematische Wiederholungskurse, zoologische und botanische Kurse, Prüfungsbeisitz, Doktorandenbetreuung)

Danksagung

Die in der vorliegenden Arbeit dargestellten experimentellen Arbeiten wurden am Veterinär-Anatomischen Institut, Bereich Histologie und Embryologie, der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig durchgeführt.

An dieser Stelle möchte ich all denen danken, die zu der Arbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank geht an den Direktor des Veterinär-Anatomischen Instituts, Herrn Prof. Dr. habil. F.-V. Salomon, für die Möglichkeit der Durchführung und der Unterstützung meiner Untersuchungen im hiesigen Institut.

Herrn Prof. Dr. habil. J. Seeger, dem Leiter des Bereichs Histologie und Embryologie, möchte ich danken für die Erlaubnis zur Fortführung des Themas, für die jederzeit gewährte Unterstützung bei der Durchführung der Studien sowie bei der Erstellung der Arbeit. Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Dr. habil. G. Michel, dem ehemaligen Institutsleiter, für die Überlassung des Themas.

Weiterhin danke ich besonders herzlich Frau Dr. Gerda Gutte, sowohl für ihre technische Hilfe, für zahlreiche Anregungen als auch für die zügige und sorgfältige Durchsicht der Entwürfe.

Frau Gabriele Lindner sei für die wertvolle Anleitung und Hilfe bei der technischen Aufbereitung der Materialien gedankt.

Herr Dr. J. Kacza hat großen Anteil daran, daß ich mich mit Fragen der Digitalisierung und Bildbearbeitung vertraut machen konnte, indem er mich u. a. an seinen Erfahrungen teilhaben ließ.

Nicht zuletzt schulde ich den Mitarbeitern der Medizinischen Tierklinik (vornehmlich Frau Dr. Uta Schwarzer), den Kollegen des Veterinär-Physiologischen Instituts sowie des Instituts für Veterinär-Pathologie der Veterinärmedizinischen Fakultät Leipzig (hauptsächlich Herrn Peter Dobroschke) besonderen Dank für die Hilfe bei der Probenbeschaffung.

Thesen zur Habilitationsschrift

Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen der Euterhaut, der Milchdrüse und der Zitzen von Rind, Pferd, Schaf und Ziege

der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Universität Leipzig

eingereicht von
Dr. med. vet. Thomas Ludewig

angefertigt an
der Universität Leipzig, Veterinär-Anatomisches Institut, Bereich Histologie und Embryologie
Januar 2000

In der vorliegenden Arbeit wurde der histologische Aufbau der Euterhaut, des Milchdrüsenparenchyms sowie der Zitzen der Tierarten Rind, Pferd, Schaf und Ziege untersucht. Es wurden die Euter von insgesamt 33 Tieren verwendet. Die Untersuchungen erfolgten lichtmikroskopisch anhand von Paraffin- und Semidünnschnitten sowie elektronenmikroskopisch.

Zur Euterhaut dieser Spezies gibt es in der Literatur keine präzisen histologischen Angaben. Über die Histologie des Milchdrüsenparenchyms des Rindes liegt eine relativ große Anzahl von Untersuchungen vor. Es fehlen jedoch vergleichbare Arbeiten zur Milchdrüse der kleinen Wiederkäuer und des Pferdes. Defizite existieren ebenfalls bezüglich detaillierter Kenntnisse der histologischen Struktur sowie zur funktionellen Morphologie der Zitzen bei Pferd, Schaf und Ziege. Auch elektronenmikroskopische Darstellungen der Milchzellen liegen bisher nicht vor. Hinzu kommt, daß lichtmikroskopische Untersuchungen keine eindeutige Identifizierung der Zelltypen in der Milch gestatten.

Euterhaut

1. Die Euterhaut des Rindes weist keine Modifikationen hinsichtlich ihres histologischen Aufbaus auf. Bei Pferd und Schaf ist neben der Haut der Drüsenkörper zusätzlich die des Sulcus intermammaricus zu unterscheiden, bei Schaf und Ziege die des Sinus inguinalis. Die morphologischen Unterschiede implizieren eine differenzierte Anpassung der Euterhaut in verschiedenen Arealen.
2. Die Epidermis der Haut des Pferdes besitzt im Sulcus intermammaricus das dickste Stratum corneum und Stratum spinosum aller untersuchten Hautareale, wobei jedoch andererseits das Stratum granulosum nur aus zwei Zellagen besteht und keine typische Keratohyalin granula aufweist. Im Stratum spinosum kommen intrazellulär sekretgefüllte Vesikel vor. Das Epithel wird durch extrem lange schlanke Papillen auf der Unterlage befestigt. Damit ist

dieses Epithel abweichend vom typischen Epithel aufgebaut und stellt eine Besonderheit dieser Tierart und der Lokalisation dar. Diese Charakteristika sprechen für eine spezifische Anpassung.

3. Tierartlich unterschiedlich sind die Lumenweite und Anzahl der Azini der apokrinen Schlauchdrüsen gestaltet. Das Rind besitzt wenige große, Pferd und Schaf hingegen verfügen über zahlreiche, aber kleinlumige Drüsenendstücke. Die Ziege nimmt eine Mittelstellung ein. Die Summe der vorhandenen Drüsenzellen scheint sich auf nahezu einheitlicher Ebene zu bewegen, was vergleichbare Sekretmengen dieser Hautdrüsen vermuten läßt.
4. Im Sulcus intermammaricus und Sinus inguinalis des Schafes bilden die zahlreichen apokrinen Schlauchdrüsen eine geschlossene Schicht. Offensichtlich stellt diese das morphologische Korrelat eines gesteigerten Bedarfs an Sekret dar, das zusammen mit dem der Talgdrüsen die Hautoberfläche überzieht. Beim Pferd verlaufen zwischen den Endstücken der apokrinen Schlauchdrüsen der Euterhaut und z. T. der Zitzenhaut regelmäßig Lymphkapillaren und stellenweise glatte Muskelzellen. Sie sind lediglich bei dieser Tierart zu beobachten. Aus funktioneller Sicht erscheint eine Beteiligung der glatten Muskelzellen bei der Sekretabgabe wahrscheinlich.
5. Ein Großteil der Drüsenzellen der Glandula sudorifera apocrina ist im Bereich des Sulcus intermammaricus des Pferdes pigmentiert. Dies ist sowohl als eine lokale als auch eine tierartliche Besonderheit bei den untersuchten Spezies anzusehen. Im Sulcus intermammaricus des Schafes sowie in der Zitzenhaut der Ziege schließt sich den Endstücken der apokrinen Schlauchdrüsen ein weitlumiger Sinus an, von dem ein enger Ductus excretorius wegführt. Dieser Sinus stellt eine tierartliche und lokale Besonderheit dar und dient als Stapel- und Sammelraum für das Sekret. Bei allen Spezies mündet der Ausführungsgang der apokrinen Schlauchdrüsen variabel entweder in einer Pore auf der Hautoberfläche oder im oberen Drittel des Haarfollikels.
6. Erstmals wurden im Stratum profundum der Lederhaut der Drüsenkörper bei Rind und Pferd vereinzelt HOYER-GROSSER Organe dokumentiert. Als spezialisierte Form einer arteriovenösen Anastomose regulieren sie die lokalen Durchblutungsverhältnisse. Lokal werden die Blutgefäße und Nerven im Stratum profundum der Dermis beim Rind und Pferd nahezu vollständig von Lymphgefäßen umgeben. Es handelt sich dabei um eine Modifikation neurovasculärer Bündel.
7. Der Grad der Einfaltung der basalen Zellmembran der Laktozyten zeigt tierartliche Unterschiede. Während beim Rind deutlich große Falten zu beobachten sind, sind bei Pferd und Ziege lediglich feine Einfaltungen ausgebildet. Beim Schaf treten während der Involution

Milchdrüsenparenchym

lediglich mikrovilliartige Bildungen auf.

8. In den Laktozyten des Schafes ergießt sich ein basaler Lipidtropfen in einen apikalen. Dieser Befund zeigt die Weitergabe der Fetttröpfchen beim intrazellulären Transport.

Beim Pferd kommen in der Kolostralperiode sowohl in den aktiven als auch in den inaktiven Laktozyten außerordentlich große Proteine vor. Es ist bislang für die Milchdrüse nicht beschrieben, daß synthetisierte Proteine die Hälfte der Zellgröße erreichen. Die Kolostragenese stellt eine Periode mit besonders hohen Anforderungen hinsichtlich bestimmter Syntheseprozesse dar.

9. Das Hell-Dunkel Phänomen von Zellen tritt auch in der Milchdrüse auf. Im Alveolarepithel sind in der Phase der Kolostrumbildung des Pferdes sowie in der Involution bei Pferd, Ziege und Schaf helle sowie dunkle (elektronendichteres Zytoplasma) Zellen zu beobachten.

In den Alveolarepithelzellen der Ziege kommt ein rauhes endoplasmatisches Retikulum vor, das nicht den typischen Verhältnissen entspricht. Es besteht aus zahlreichen, unregelmäßig erweiterten Vesikeln.

10. Im Unterschied zu den Laktozyten besitzen die Myoepithelzellen bei allen Spezies einheitliche zytologische Merkmale. Unabhängig vom Laktationsstadium zeichnet sie ein dichtes organellenarmes Zytoplasma mit „dense bodies“ und Hemidesmosomen aus. Davon abweichend beherbergen diese Zellen während der Involution beim Schaf apoptotische Körperchen.

11. Ausschließlich beim Pferd akkumuliert Ceroid intra- und extraalveolär im Milchdrüsenparenchym und in den Epithelzellen der Ductuli lactiferi. Derartige Lokalisationen sind eine tierartliche Spezifität und bisher nicht beschrieben worden. Weiterhin verfügen einige helle Alveolarepithelzellen über kristalline Einschlüsse. Beide paraplastischen Einlagerungen stehen zu den Corpora amylacea in keinem funktionellen Zusammenhang.

12. In der Milch können mit Ausnahme der Myoepithelzellen alle Zellarten enthalten sein, die im Alveolarepithel temporär vorkommen (neutrophile Granulozyten, Lymphozyten, Makrophagen). Neben kompletten Alveolarepithelzellen treten auch Zytoplasmafragmente (Schaf, Ziege, Pferd) in tierartlich unterschiedlicher Menge auf. Während der nicht-laktierenden Periode schilfern massiv Alveolarepithelzellen ab. Die Elektronenmikroskopie bietet gegenüber der lichtmikroskopischen Differenzierung der somatischen Milchzellen erweiterte Möglichkeiten. Mit Einschränkungen trifft diese Aussage auch für Semidünnschnitte zu.

13. Unabhängig vom Laktationsstadium sind Corpora amylacea sowohl im Lumen der Alveolen als auch extraalveolär in den bindegewebigen Septen der untersuchten Tierarten präsent. Beim laktierenden Rind kommen sie außerdem in den Milchgängen vor. Beim Schaf sind sie in den akzessorischen Drüsenläppchen der Zitze zu beobachten, beim Rind im Epithel des

Sinus lactifer. Ihre konzentrische Schichtung impliziert den Schluß, daß die Gebilde durch Kondensation um einen Kern entstehen.

14. Das Endothel der Blutkapillaren des interalveolären Bindegewebes der Euter aller betrachteten Tierarten bildet an der inneren Oberfläche zahlreiche pseudopodienartige Ausstülpungen, die beträchtlich lang sein können und teilweise an die Blutzellen heranreichen. Damit besitzen die Kapillaren eine besondere und organspezifische Bauart. Derartige Kapillaren wurden bislang lediglich in der Milchdrüse der Ratte beschrieben. Daraus können Auswirkungen auf die Strömungsverhältnisse oder auf die Resorption resultieren. Lediglich beim Schaf kommen im interalveolären Bindegewebe zusätzlich herkömmlich aufgebaute Kapillaren vom kontinuierlichen Typ vor, die eine kontinuierliche Basalmembran aufweisen und bei denen die Endothelzellen eine geschlossene Schicht bilden, umgeben von Perizyten.

15. In sehr hoher Dichte durchziehen klappenreiche Lymphgefäße das interalveoläre Bindegewebe der Milchdrüse des Pferdes, vergleichbar der Haut der Drüsenkörper. Diese Häufung erweist sich als tierartliche Besonderheit.

Zitze

16. In der relativ dicken Epidermis der Zitze des Pferdes setzt sich das Stratum spinosum aus einem Bereich großer und darunter liegender kleiner Zellen zusammen. Damit unterscheidet sie sich von anderen Lokalisationen beim Pferd und von den Verhältnissen bei den übrigen untersuchten Spezies.

17. Beim Schaf kann man an einigen Haarfollikel der Zitzenhaut beobachten, daß die Haarwurzeln fast vollständig von Azini der Schlauchdrüsen umgeben werden. Dies spricht für eine direkte Penetration des Sekrets in den Haarkanal. Die Drüsenzellen der apokrinen Schlauchdrüsen zeigen beim Schaf zahlreiche sekretorische Vesikel sowie viele Mikrovilli. Das Sekret enthält für die apokrine Sekretion charakteristische Zytoplasmafragmente.

18. Lediglich bei Schaf und Ziege werden akzessorische Milchdrüsenläppchen im subepithelialen Bindegewebe des Sinus lactifer ausgebildet. Die Lämpchen münden meist direkt in den Sinus lactifer. Bei beiden Tierarten können jedoch von den akzessorischen Lämpchen Ausführungsgänge ausgehen, die sich nach anfangs parallelem Verlauf zum Ductus papillaris schließlich mit diesem vereinigen.

19. Strukturell nimmt die Zitze der Stute im Vergleich zu den anderen untersuchten Tierarten eine Sonderstellung ein. Das Epithel des Ductus papillaris geht kontinuierlich aus dem des Sinus lactifer hervor, weist kein Stratum corneum und ein aus lediglich einer Lage bestehendes Stratum granulosum auf. Erst ab der distalen Hälfte wird es von Papillen des Corpus papillare unterlagert.

20. Mit Ausnahme des Pferdes wird bei allen untersuchten Tieren der mechanische Verschuß des Ductus papillaris durch den M. sphincter papillae erreicht. Beim Pferd berechnen die wenigen vorhandenen glatten Muskelzellen nicht dazu, sie als Schließmuskel anzusehen. Das bedeutet, daß beim Pferd andere Verschußmechanismen wirksam werden. Die abweichende Strategie liegt in der Tatsache begründet, daß zwei, selten drei Zisternen pro Zitze und zwei Zitzenkanäle zu beobachten sind.

